



Universidad Politécnica de Madrid.  
**Máster Universitario en  
Ingeniería de la Energía.**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIEROS INDUSTRIALES**

**TRABAJO FIN DE MASTER  
ITINERARIO EN GAS, PETRÓLEO Y CARBÓN**

**GASODUCTO PERÚ CENTRO**

**JOHNNY SÁNCHEZ GÁLVEZ**

**OCTUBRE DE 2014**

Autorizo la presentación de trabajo:

**“GASODUCTO PERÚ CENTRO”**

Realizado por:

JOHNNY SÁNCHEZ GÁLVEZ

Dirigido por:

ENRIQUE QUEROL

Firmado: Prof. [ENRIQUE QUEROL ARAGÓN]

Fecha:.....

## **Agradecimientos.**

El presente trabajo define el agradecimiento al Departamento de Química y Combustibles de la Escuela Técnica Superior de Minas y Energía de la Universidad Politécnica de Madrid en especial al Profesor Enrique Querol que ha sido un excelente profesor y tutor del presente trabajo en la especialidad. De la misma manera gratamente satisfecho por el apoyo familiar en especial al de mis padres, Miluska y compañeros del curso.

## ÍNDICE

DOCUMENTO Nro. I: MEMORIA .....	1
1. INTRODUCCIÓN. ....	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO. ....	2
2.1. ANTECEDENTES. ....	2
2.2. EL GAS NATURAL EN EL PERÚ.....	3
2.3. ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DEL PROYECTO. ....	5
3. OBJETO DEL PROYECTO. ....	11
4. BASES DEL PROYECTO.....	12
4.1. CARACTERÍSTICAS DEL GAS. ....	12
4.2. DATOS BÁSICOS. ....	12
5. NORMAS DE PROYECTO. ....	15
6. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES .....	17
6.1. TERRENO Y TRAZADO. ....	17
6.2. DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO .....	18
6.3. CARACTERÍSTICAS DE LA CONDUCCIÓN.....	20
7. CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL GASODUCTO PERÚ CENTRO.....	35
7.1. UBICACIÓN. ....	37
7.2. REPLANTEOS Y EJECUCIONES DE LA PISTA.....	38
7.3. APERTURA DE ZANJAS. ....	40
7.4. OBRA MECÁNICA.....	41
7.5. TENDIDO DEL GASODUCTO. ....	56
7.6. PASOS ESPECIALES.....	57
7.7. PROTECCIÓN CATÓDICA.....	61
7.8. PRUEBA HIDRÁULICA, PURGADO Y SECADO. ....	62
7.9. POSICIONES DE VÁLVULAS. ....	64
7.10. LIMPIEZA, SECADO Y CALIBRACIÓN DE LA CONDUCCIÓN. ....	65
7.11. INSTALACIONES AUXILIARES DE ABASTECIMIENTO.....	66
8. RESTITUCIÓN DE TERRENOS.....	68
9. SEÑALIZACIÓN EXTERIOR. ....	69
10. IMPACTO AMBIENTAL. ....	70
11. ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS. ....	71

11.1. ESTUDIO TOPOGRÁFICO.....	71
11.2. ESTUDIO GEOTÉCNICO. ....	71
11.3. ESTUDIO DE PROTECCIÓN CATÓDICA. ....	72
11.4. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD. ....	72
11.5. ESTUDIO DE AFECCIÓN AL MEDIO AMBIENTE. ....	72
11.6. ESTUDIO DE PROSPECCIÓN ARQUEOLÓGICA SUPERFICIAL. ....	72
11.7. ESTUDIO SÍSMICO.....	73
12. DOCUMENTOS DEL PROYECTO. ....	74
13. PROGRAMA EN EJECUCIÓN.....	75
14. PRESUPUESTO. ....	76
DOCUMENTO Nro. II: ANEXOS .....	77
ANEXO 1.....	78
ANEXO 2.....	81
ANEXO 3.....	85
ANEXO 4.....	94
ANEXO 5.....	102
ANEXO 6.....	121
ANEXO 7.....	144
ANEXO 8.....	158
DOCUMENTO Nro. III: PLANOS.....	171
DOCUMENTO Nro. IV: PLIEGO DE CONDICIONES.....	173
Apartado A: Pliego de Condiciones Generales para la Ejecución de Obras. ....	178
Apartado B: Pliego de Condiciones Técnicas Particulares para la Ejecución de Obras.....	203
DOCUMENTO Nro. V: ESTUDIO ECONÓMICO .....	227
BIBLIOGRAFÍA .....	249

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Reservas Probadas de Gas Natural en el Perú.....	3
Figura 2. Gasoducto de Gas Natural Cuzco – Ica.....	4
Figura 3. Provincias del Perú para el abastecimiento de Gas Natural .....	5
Figura 4. Volumen de transporte del Gasoducto Gas de Camisea en MMPCD .....	6
Figura 5. Trazado del Gasoducto Perú Centro.....	12
Figura 6. Modificaciones del Trazado inicial.....	17
Figura 7. Conducción de la tubería.....	20
Figura 8. Válvulas de Bola y Compuerta .....	23
Figura 9. Enterramiento de la tubería. ....	33
Figura 10. Sección de pista. ....	39

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Reservas Mundiales Probadas de Gas Natural (Millardos de m <sup>3</sup> ) .....	2
Tabla 2. Estimación y proyección demanda para consumo interno Gas de Camisea.....	7
Tabla 3. Población total del Perú.....	7
Tabla 4. Población de las provincias propuestas para el gasoducto Perú Centro.....	8
Tabla 5. Consumo General del Gas Natural del Perú. ....	8
Tabla 6. Consumo de Gas en MW de la Comunidad Autónoma de Castilla y León 2008	9
Tabla 7. Elección de la alternativa más adecuada para el diseño. ....	14
Tabla 8. Descripción del Trazado Perú Centro .....	19
Tabla 9. Espesores comerciales de la Tubería. ....	21
Tabla 10. Distancias establecidas de válvulas según la Categoría de emplazamiento. .	22
Tabla 11. Posiciones de las válvulas .....	23
Tabla 12. Especificación de accesorios.....	24
Tabla 13. Posición de las EPC sobre la conducción. ....	26
Tabla 14. Caudales en Puntos de Derivación. ....	27
Tabla 15. Resumen de espesores, velocidades y capacidad de la turbina.....	31
Tabla 16. Anchuras de la pista.....	39
Tabla 17. Tabla de muestras.....	48
Tabla 18. Espesores de Pantallas de Plomo .....	54
Tabla 19. Ensayos de prueba Hidráulica.....	63

## **RESUMEN**

El presente trabajo es una propuesta de una Red de Transporte de Gas Natural que implementará el sistema de consumo de reservas energéticas del Perú, esta propuesta parte de un diseño que parte del actual Yacimiento de Gas Natural en la localidad de Las Malvinas – Cuzco suministrando el fluido a Junín y Pasco como puntos intermedios de entrega; el final de esta red finaliza en la ciudad de Huánuco.

En este diseño se muestra un estudio básico de la demanda para determinar el caudal de transporte, el trazado, el cálculo hidráulico del diámetro en su primera aproximación, descripción de la línea de conducción y sus instalaciones auxiliares para su correcto funcionamiento, pliego de condiciones para la construcción, la planificación de la construcción y su correspondiente estudio económico donde se valorarán las inversiones, costes para estimar así su rentabilidad.



# **GASODUCTO PERÚ CENTRO**

## **PROYECTO CONSTRUCTIVO**

### **DOCUMENTO Nro. I: MEMORIA**



## 1. INTRODUCCIÓN.

El presente trabajo representa un alcance general sobre el transporte de Gas Natural por vía terrestre mediante Gasoductos. Dichas líneas demandan volúmenes a presiones determinadas para el abastecimiento y consumo en los diferentes sectores tales como la Generación de Energía Eléctrica, Industria, parque automotor y uso doméstico. Esta recomendado para transportar el Gas Natural a menores costes que la cadena del GNL para distancias menores de 2 000 km.

El Shale gas o el gas esquisto se va consolidando cada más en América ya que los mercados están alcanzando una trayectoria expansiva por la estabilización del consumo en Europa, en el Perú el consumo de este hidrocarburo fósil demuestra cifras significativas de demanda interna y exportación tras la extracción del Gas de Camisea situado en el Departamento de Cuzco desde el año 2004 en el cual va tomando un horizonte de expectativas favorables ya que dan lugar a nuevos ejes económicos como son los mercados spot del GNL.

Se debe tener en cuenta la importancia del diseño de un gasoducto para transportar esta energía primaria ya que dentro de las etapas para su construcción implican mucho antecedentes tanto de Trazado, Conducción e Instalaciones Auxiliares las cuales se deben desarrollar diferentes aspectos que definan el funcionamiento óptimo de este medio. El gasoducto se diseña conforme al Código ASME (*American Association of Mechanical Engineers*) B 31.8 de 1995 revisada en 1999 establecido por el Comité Estadounidense de Estándares de Ingeniería llamado *American National Standards Institute* (ANSI) que establece todos los requerimientos para la construcción segura de la tubería de alta presión, principal objetivo del trabajo fin de máster.

Finalmente cabe destacar que este medio de transporte terrestre tiene que proporcionar siempre un mínimo coste unitario en €/ (km · kwh) para que se puedan establecer mejor los parámetros de diseño, materiales evitando condicionantes técnicos para su rentabilidad a largo plazo.



## 2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.

### 2.1. ANTECEDENTES.

El Informe Anual 2012 de SEGIGAS (Ver Tabla 1) informa de que el consumo del gas continúa creciendo en razón de un 2,5% colocando a los EE.UU. con un 22% del consumo mundial seguido de Rusia, Irán, China y Japón. Es lógico sostener que se presenta un buen escenario para los próximos años justamente por la explotación del Shale Gas que podrá satisfacer la demanda energética y fundamentalmente reducir los índices de contaminación al medio ambiente por tener menos impacto ambiental.

Las mayores concentraciones de Gas se encuentran en Medio Oriente, seguido por la Comunidad de Estados Independientes, principalmente Rusia por tener la cuarta parte de los recursos probados.

	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2012	2013
América del Norte	9,5	8,5	8	8,4	7,7	6,5	6,5	7	9,4	10,6	10,8
América Central y Sur	2	2,4	4,4	5,4	6,9	7,8	7,7	7,4	7,8	7,9	7,9
Europa	3,9	4,1	4,4	5,7	5,7	6,2	8,1	6,5	5,9	5	4,9
CEI	11,3	24,2	29,1	38	48,9	58,9	52,7	53,7	60,5	64,7	65,1
África	3,8	5,2	5,6	5,9	8,5	9,9	11,4	14,1	14,8	14,7	14,8
Oriente Medio	6,6	15,3	18,5	25,9	37,8	44,7	54,7	72,5	75,9	79,9	80,6
Asia – Oceanía	1,4	3,4	4,6	7	8,6	13,1	11,9	13,9	16,1	16,8	16,8
<b>TOTAL MUNDIAL</b>	<b>38,5</b>	<b>63,1</b>	<b>74,6</b>	<b>96,3</b>	<b>124,1</b>	<b>147,1</b>	<b>153</b>	<b>175,1</b>	<b>190,4</b>	<b>199,6</b>	<b>200,9</b>

*Tabla 1. Reservas Mundiales Probadas de Gas Natural (Millardos de m<sup>3</sup>)*

*Fuente: Informe anual 2012 Sedigas*

Sin embargo Rusia es el primer país exportador del mundo seguido por Qatar luego le sigue Noruega suponiendo un total entre todos los exportadores un 30% del comercio mundial el cual tendrá un incremento ya que los estudios indican que habrá un impacto moderador sobre los precios del gas y como resultado de esto la demanda global se elevará más del 50% hasta finales del 2035.



## 2.2. EL GAS NATURAL EN EL PERÚ.

En Perú concretamente se ha concentrado desde 1998 el uso del Gas Natural en el norte como fuente de generación de energía eléctrica en zonas de operación petrolífera y uso exclusivo para residencias en campamentos de explotación. En el año 2004 se dan inicio a las operaciones de extracción del Gas del Yacimiento de Camisea dando lugar a un claro avance económico por la demanda interna y externa que se está estableciendo a lo largo de estos últimos cinco años.

Las reservas probadas ascienden a 12,7 TCF equivalentes a  $3,6 \times 10^{11} \text{ m}^3$  de las cuales el Gas de Camisea (lotes 88 y 56) representa el 89% (Ver Figura 1) de las que actualmente tiene el Perú dentro de los recursos energéticos con una capacidad 11,3 TCF.

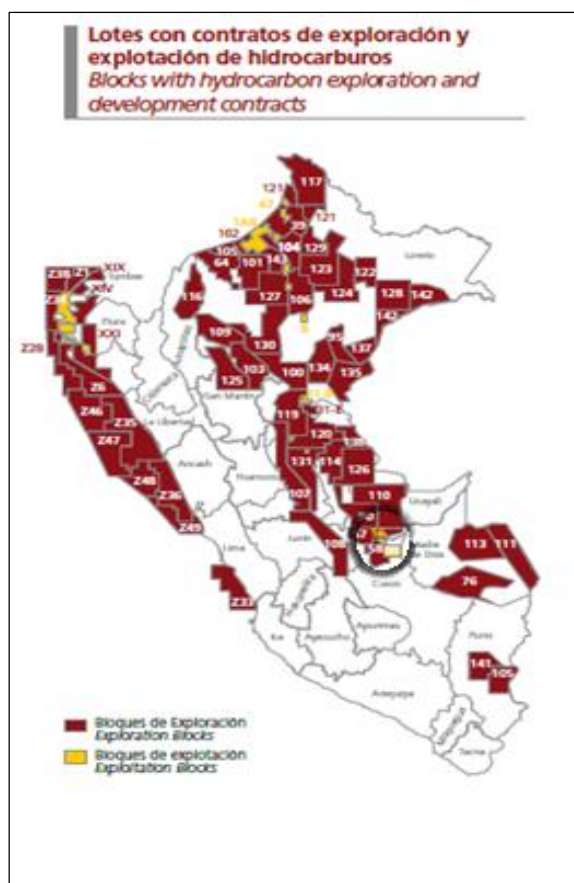


Figura 1. Reservas Probadas de Gas Natural en el Perú

Fuente: Ministerio de Energía y Minas del Perú



## GASODUCTO PERÚ CENTRO



Actualmente la infraestructura de procesamiento, transporte y distribución de gas instalada (Ver Figura 2) está permitiendo atender satisfactoriamente la demanda interna y externa. Es por eso que se tienen que implementar más redes de transporte según el paso de los años para atender progresivamente el incremento de las necesidades en los diferentes sectores. De hecho el gasoducto que opera desde el Yacimiento ubicado al del norte de Cuzco (Las Malvinas) hasta la costa Peruana (Ica) tiene como punto de proceso para su Licuefacción cuyo caudal de servicio a este punto es de 450 000 m<sup>3</sup>(n)/h con una longitud de 730 km.

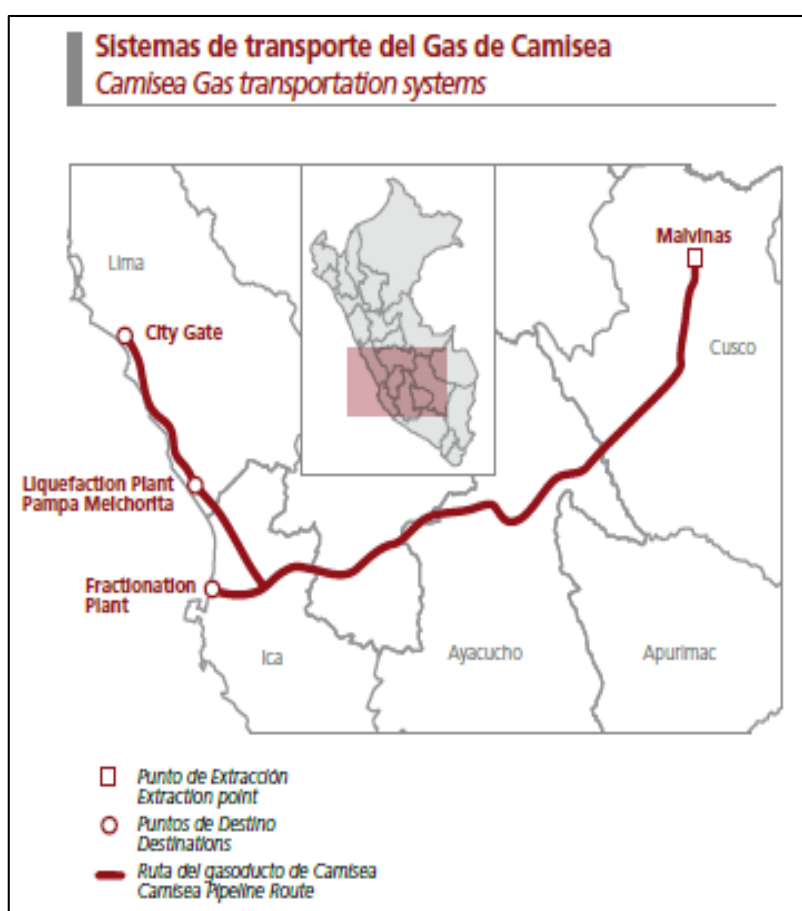


Figura 2. Gasoducto de Gas Natural Cuzco – Ica

Fuente: Informe Perú Energy 2012 Ministerio de Energía y Minas del Perú



### 2.3. ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DEL PROYECTO.

Estructurar una demanda de consumo para una determinada población en este caso a las Provincias de Junín, Pasco y Huánuco (Ver Figura 3) ubicados en la zona centro del Perú va a tener un esquema estrictamente de competencia con otros suministradores de productos energéticos para poder así reducir los costes de transporte y maximizar los ingresos que se van a dar en función del precio como el volumen. Para motivar al consumo de este suministro se necesitará convencer progresivamente de la eficiencia que conlleva el uso del Gas Natural en los diferentes sectores del mercado y desde luego contar con el apoyo del gobierno para que establezca un mercado supervisado y regulado.



**Figura 3. Provincias del Perú para el abastecimiento de Gas Natural**

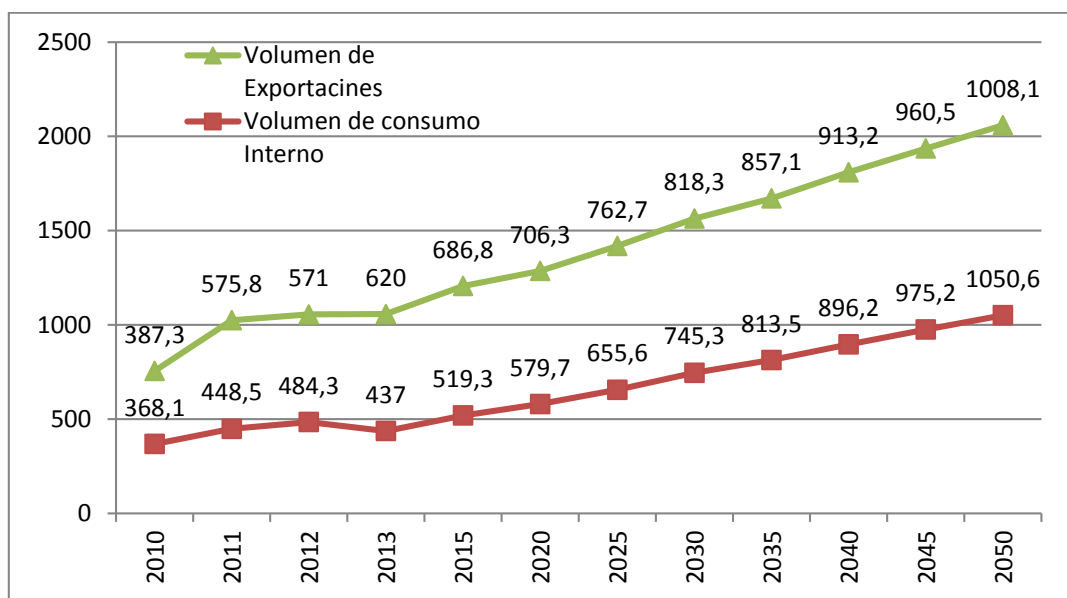
*Fuente: Propia.*

Los datos de partida para la estimación del volumen de diseño de la línea de transporte son los siguientes:

- Población del Perú estimada y proyectada al año 2 050.
- Población de las provincias que demandará dicho volumen estimada y proyectada al año 2 050.
- Volumen transportado para el consumo interno del actual gasoducto en servicio estimado y proyectado para el año 2 050.
- Volumen de consumo del Gas Natural del Perú comparado con otros países de América del Sur estimados y proyectados al año 2 050.
- Volumen de consumo de Gas Natural de la Comunidad Autónoma de Castilla y León para estimación del comportamiento de la demanda por ser una comunidad con abastecimiento ya establecido y tener una parecida similitud al clima con las provincias mencionadas para el proyecto.



El informe redactado por el agente regulador del Ministerio de Energía y Mina del Perú el año 2 012 (Ver Figura 4) que tiene por nombre Osinerg muestra la estadística del volumen de consumo para el mercado interno y exportaciones del actual gasoducto del Gas de Camisea que se dará un escenario para estimar la demanda en la propuesta de servicio de abastecimiento.



**Figura 4. Volumen de transporte del Gasoducto Gas de Camisea en MMPCD**

*MMPCD: Millones de pies cúbicos por día. S.I.*

*Fuente: Ministerio de Energía y Mina del Perú*

Esta valoración del consumo interno actualizado permite establecer estimaciones y proyecciones a futuro tal como muestra la siguiente tabla (Ver Tabla 2):



## GASODUCTO PERÚ CENTRO



	<b>MMPCD</b>	<b>PCD</b>	<b>pie<sup>3</sup>/h</b>	<b>m<sup>3</sup>/h</b>
2010	368,1	368.100.000	15.337.500	434.312
2011	448,5	448.500.000	18.687.500	529.174
2012	484,3	484.300.000	20.179.167	571.413
2013	437,0	437.000.000	18.208.333	515.605
<b>2015</b>	<b>519,3</b>	<b>519.350.000</b>	<b>21.639.583</b>	<b>612.768</b>
<b>2020</b>	<b>579,7</b>	<b>579.742.857</b>	<b>24.155.952</b>	<b>684.024</b>
<b>2025</b>	<b>655,6</b>	<b>655.575.658</b>	<b>27.315.652</b>	<b>773.497</b>
<b>2030</b>	<b>745,3</b>	<b>745.337.201</b>	<b>31.055.717</b>	<b>879.405</b>
<b>2035</b>	<b>813,5</b>	<b>813.450.030</b>	<b>33.893.751</b>	<b>959.769</b>
<b>2040</b>	<b>896,2</b>	<b>896.247.201</b>	<b>37.343.633</b>	<b>1.057.460</b>
<b>2045</b>	<b>975,2</b>	<b>975.184.387</b>	<b>40.632.683</b>	<b>1.150.596</b>
<b>2050</b>	<b>1050,6</b>	<b>1.050.639.388</b>	<b>43.776.641</b>	<b>1.239.623</b>

**Tabla 2. Estimación y proyección demanda para consumo interno Gas de Camisea.**

*Fuente: Propia.*

A continuación es necesario tener la población total (Ver Tabla 3) y actualizada para poder estimar hasta el año 2050, de la misma manera se sabe cual es la población de las provincias a abastecer para los próximos años (Ver Tabla 4):

<b>Año</b>	<b>TOTAL (Habitantes)</b>
2008	28.807.034
2009	29.132.013
2010	29.461.933
2011	29.797.694
2012	30.135.875
<b>2013</b>	<b>30.463.919</b>
<b>2015</b>	<b>31.133.388</b>
<b>2020</b>	<b>32.804.163</b>
<b>2025</b>	<b>34.473.231</b>
<b>2030</b>	<b>36.142.409</b>
<b>2035</b>	<b>37.813.081</b>
<b>2040</b>	<b>39.482.544</b>
<b>2045</b>	<b>41.152.070</b>
<b>2050</b>	<b>42.822.011</b>

**Tabla 3. Población total del Perú.**

*Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informativa.  
Censos Nacionales de Población y Vivienda.*





## PROVINCIAS (Habitantes)

AÑO	HUÁNUCO	JUNIN	PASCO	TOTAL
1981	477.877	852.238	211.918	1.542.033
1993	654.489	1.035.841	226.295	1.916.625
2007	762.223	1.225.474	280.449	2.268.146
2010	808.698	1.271.955	283.160	2.363.813
2015	862.933	1.339.379	295.398	2.497.710
2020	900.074	1.405.083	314.790	2.619.948
2025	959.232	1.472.472	324.778	2.756.481
2030	1.004.920	1.537.958	340.338	2.883.216
2035	1.053.069	1.603.428	354.773	3.011.270
2040	1.105.492	1.669.377	367.425	3.142.293
2045	1.152.410	1.734.705	382.387	3.269.502
2050	1.202.696	1.800.351	395.915	3.398.962

Tabla 4. Población de las provincias propuestas para el gasoducto Perú Centro.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática.

Censos Nacionales de Población y Vivienda.

También tiene mucha importancia saber como es el consumo de Gas natural en América del Sur para hacer una comparativa con los demás países que tienen este tipo de suministro, para ello el informe de *BP Statistical Review or World Energy 2013* tiene este registro que a continuación se muestra:

Año	Billones de m <sup>3</sup>
2004	0,9
2005	1,5
2006	1,8
2007	2,7
2008	3,4
2009	3,5
2010	5,4
2011	6,1
2012	7,5
2015	9,3
2020	13,6
2025	17,9
2030	22,2
2035	26,5
2040	30,8
2045	34,9
2050	39,1

Tabla 5. Consumo General del Gas Natural del Perú.

Fuente: BP Statistical Review or World Energy 2013



## GASODUCTO PERÚ CENTRO



Para el cálculo del volumen de servicio para el año 2050 se tiene:

Consumo para el 2050	39,1 bcm m <sup>3</sup> /año
Población Total al 2050	42 822,011 habitantes totales
Subtotal	9,13283E-07 bcm m <sup>3</sup> año /habitante)
Población de Gasoducto en la Zona centro	3 398 963 Habitantes
Consumo de la población de la Zona Centro	3,1 bcm/a
Volumen consumido	0,000354362 bcm/h

<b>Total Volumen Estimado</b>	<b>354 362 m<sup>3</sup>(n)/h</b>
-------------------------------	-----------------------------------

Observación: En el S.I. Un Billón es un Millardo = 10<sup>9</sup>

Y finalmente para calcular el caudal volumétrico de diseño o el de punta se estima una comparación de consumo con la Comunidad Autónoma de Castilla y León (Ver Tabla 6) **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) de España por el clima y porque tiene estadísticas ya establecidas ya que está abastecida de gas natural en el sector doméstico e industrial, esta comparación es para determinar el incremento o reducción que debe de tener el volumen de servicio porque no se va a comportar de una manera lineal durante el tiempo:

Provincia	A Tarifa		Liberalizado		Total	% respecto del total regional	% respecto mismo período año ant.
	Uso Dom.	Ind. y Serv.	Uso Dom.	Ind. y Serv.			
Ávila	117.183	69.500	141.602	47.353	375.638	1,78%	64,87%
Burgos	5.282	255.628	586.418	5.932.433	6.779.761	32,20%	-4,57%
León	0	291.985	485.663	1.900.237	2.677.885	12,72%	1,26%
Palencia	0	126.528	212.324	1.240.865	1.579.717	7,50%	0,20%
Salamanca	5.172	155.666	312.408	833.913	1.307.160	6,21%	-16,02%
Segovia	6.887	53.174	131.335	654.801	846.197	4,02%	1,62%
Soria	0	83.580	63.403	1.345.054	1.492.037	7,09%	14,74%
Valladolid	40.459	496.886	1.010.332	3.526.806	5.074.483	24,10%	-5,21%
Zamora	0	81.358	155.970	684.614	921.942	4,38%	-3,72%
<b>Total Regional</b>	<b>174.983</b>	<b>1.614.305</b>	<b>3.099.455</b>	<b>16.166.075</b>	<b>21.054.819</b>	<b>100,00%</b>	<b>-2,31%</b>
<b>Total Nacional Castilla y León</b>	<b>18.729.000</b>		<b>431.860.000</b>		<b>450.589.000</b>	<b>4,67%</b>	<b>10,99%</b>

Tabla 6. Consumo de Gas en MW de la Comunidad Autónoma de Castilla y León 2008



La característica en cuanto al clima y población para ese periodo de esta comunidad según el INEI y Repsol es:

Temperatura Media Max.: 15,6 °C

Temperatura Media Min.: 4,9 °C

Población: 2 560 031 Habitantes.

Consumo: 21 054 819 MW

Se sabe que: 1 MWh = 85,470 m<sup>3</sup>(n)

Consumo: 205 429 m<sup>3</sup> (n)/h en el 2008

Observación: la notación m<sup>3</sup> (n)/h es metro cubico normal por hora.

Las provincias a abastecer en la Zona Centro (Junín, Pasco y Huánuco), en donde éstas se compararan por su temperatura y clima porque se encuentra a más de 3500 m.s.n.m. perteneciendo al clima frio y cuyas características son:

Nro. de Habitantes 2050:	3 398 963	Habitantes
Temperatura Media Min.	4,9	°C
Temperatura Media Max.	15,6	°C
Volumen de Servicio año 2050:	354 362	m <sup>3</sup> (n)/h

El incremento de volumen estará dado en un 33 % representado por 471 302 m<sup>3</sup> (n)/h. siendo el nuevo volumen de diseño o de punta **en 480 000 m<sup>3</sup> (n)/h.**

<b>CAUDAL DE DISEÑO</b>	<b>480 000</b>	<b>m<sup>3</sup>(n)/h</b>
-------------------------	----------------	---------------------------

De esta manera se ha calculado el caudal de punta que se utilizará para el dimensionamiento de toda la línea de transporte del Gasoducto Perú Centro.



### 3. OBJETO DEL PROYECTO.

El objeto principalmente es proponer una línea de abastecimiento a la Zona Centro del Perú de gas natural de tipo terrestre por medio de tuberías de acero (Gasoducto) que tendrá como punto de origen el Yacimiento de Gas en Las Malvinas-Cuzco con dos puntos intermedios de entrega que son la Provincias de Junín y Pasco, el punto final será la Provincia de Huánuco quedando ya determinado el volumen demandado en cada punto de entrega.

Se debe cumplir las disposiciones técnicas establecidas por la Norma B31.8 “*Gas Transmission and Distribution Piping Systems*” para satisfacer los materiales como por ejemplo Tuberías, Estaciones de Compresión, Estaciones de Regulación y Medida, espesores, válvulas, bridas, etc. establecidos por Código ASME (*American Association of Mechanical Engineers*) para asegurar que el transporte del fluido garantice las condiciones de seguridad.

Comprender el desarrollo de la metodología de diseño, construcción y funcionamiento mecánico de la línea de transporte ya que en ello implica inversiones considerables de dinero por ello exige considerar una escala de tiempo muy amplia y se debe tener en cuenta en proporcionar criterios adecuados en las diferentes aplicaciones en cada una de las fases.



## 4. BASES DEL PROYECTO.

### 4.1. CARACTERÍSTICAS DEL GAS.

El Gas natural es el fluido a transportar, sus características están descritas en el Anexo 1. La clasificación del Gas Natural también viene descrita en mismo Anexo mencionado anteriormente.

### 4.2. DATOS BÁSICOS.

#### 4.2.1. ORIGEN.

La propuesta del Gasoducto Perú Centro tiene como Punto de origen el Yacimiento de Gas ubicado al Norte del Cuzco en la Cuenca del Ucayali en la localidad de La Convención desde la planta de separación en Las Malvinas a 670 m.s.n.m. Anexo 2.

#### 4.2.2. DESTINO.

Los puntos de abastecimiento serán tres, (Ver Figura 5), el primero de ellos en La provincia de Junín con una altitud a más de 3 500 m.s.n.m. a 275,8 km desde el origen, seguido de la Provincia de Pasco con una altitud de 2514,6 m.s.n.m. a una distancia de 419,8 km desde el origen y el último punto será la Provincia de Huánuco a 1.997,1 m.s.n.m. en donde es necesario mencionar que este diseño esta sobre la Cordillera de los Andes.



Figura 5. Trazado del Gasoducto Perú Centro

Fuente: Propia.



### 4.2.3. PRESIÓN.

La presión máxima de servicio correspondiente a este gasoducto será de 80 bar, la cual es una presión normalizada en base a la optimización técnica económica basada en los diámetros más utilizados para este medio de transporte.

### 4.2.4. TEMPERATURA.

Para las condiciones de trabajo se considerará la temperatura de 20 °C y para las condiciones de diseño una temperatura máxima de 30 °C y una temperatura mínima de 0 °C.

### 4.2.5. CAUDAL.

El caudal de diseño ha sido justificado por un estudio de demanda estimando los volúmenes que actualmente se consume con el gasoducto que opera en el Perú y ha sido demostrado en el apartado anterior de la justificación considerando un caudal de punta de 480 000 m<sup>3</sup> (n)/h.

### 4.2.6. LA RUGOSIDAD DEL TUBO.

La tubería será de acero al carbono de alta resistencia y pintado por lo que se considera una rugosidad para toda la línea del gasoducto de 15 µm ó de 0,015 mm.

### 4.2.7. LONGITUD DEL GASODUCTO.

La longitud del Gasoducto es de 592,00 km con un diámetro interior de (Ø32") equivalente a 787,6 mm establecido por la Norma UNE-60-309 y con un espesor de 10,7 mm el cual tendrá variaciones por el coeficiente de cálculo para espesores según la Norma UNE 60-302 según la clasificación de áreas por su correspondiente categoría de emplazamiento pasando por tres Puntos Kilométricos (PK) de entrega denominándose "*Gasoducto Perú*". Los cálculos de dimensionamiento del gasoducto están demostrados en el Anexo 3 donde se representan tres alternativas de diseño de funcionamiento, eligiendo así la más adecuada económicamente. (Ver Tabla 7).



## GASODUCTO PERÚ CENTRO



Opciones	Condiciones	Nro. de EC	Puntos de Entrega	Diámetro	Espesores ( mm)	Caudal (m3 (n)/h)	L (km)	Coste (€/m)	Coste EC mín.	Coste EC máx.
A	Sin considerar Puntos Intermedios de Entrega.	4	0	24 "	8,01	480.000	592,0	390,00	-	30.000.000
	Coste Total del Proyecto	351 M€								
B	Considerando tres Puntos de Entrega.	5	275,8	24 "	8,01	480.000	275,8	390,00	18.000.000	30.000.000
			419,8	18 "	6,00	225.755	144,0	293,00		
			592,0	16 "	5,30	169.844	172,2	260,00		
	Coste Total del Proyecto	309 M€								
C	Considerando una Presión Constante sin EC intermedias.	1	275,8	32 "	10,7	480.000	592,0	520,00	-	30.000.000
			419,8							
			592,0							
Coste Total del Proyecto	338 M€									

Tabla 7. Elección de la alternativa más adecuada para el diseño.





## 5. NORMAS DE PROYECTO.

Cada país necesitará legislaciones o normativas mínimas de seguridad que garanticen el desarrollo de cada procedimiento que se realizará durante la ejecución de la construcción del gasoducto, en USA por ejemplo se dispone del Code of Federal Regulations, en el Reino Unido se tiene las Recommendations on Transmission and Distribution y en España se tiene el Reglamento General del Servicio Público de Gases Combustibles Gaseosos y El Reglamento de Redes y Acometidas de Combustibles Gaseosos y sus ITC correspondientes. En Perú se dispone del Reglamento de Transporte de Hidrocarburos por Ductos Y Reglamento de Seguridad para el Transporte de Hidrocarburos.

A continuación se mencionan Normativas generales que se necesitarán para aplicaciones generales, Obras Mecánicas, Obras Civiles y Obras Eléctricas

Norma API 5L:	Para la fabricación del material.
Norma API 6D:	Especificación de válvulas para tuberías.
Norma API 526:	Válvulas de Seguridad.
Norma API-RP 1102:	Espesores mínimos de Tuberías de protección.
Norma API-RP 5L2:	Revestimiento interno. (Epoxi)
Norma API 1104:	Especificaciones de Soldadura.
ASME/ ANSI 31.8:	Sistema de Tubería para Transporte y Distribución de Gas.
ASME/ ANSI B-16.5:	Accesorios con acero al carbono para tuberías. (Bridas)
ASME/ ANSI B-16.9:	Accesorios con acero al carbono para tuberías. (Codos)
ASME Sección II:	Materiales para la Soldadura.
ASME Sección VIII:	Trampas de Rascadores y Puertas de apertura rápida.
ASME Sección IX:	Procedimiento de Soldadura y de soldadores.
ASTM A-105:	Materiales de fabricación accesorios forjados.
ASTM A-216:	Materiales de fabricación accesorios laminados
ASTM A-234:	Materiales de fabricación accesorios fundidos.





ASTM A-698: Especificaciones de compactación de Terreno.

ASTM D-1556: Relleno de la base de la zanja

Reglamentos de Líneas aéreas de Alta Tensión.

Reglamentos de Líneas aéreas de Baja Tensión.



## 6. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES

### 6.1. TERRENO Y TRAZADO.

Se definirá el trazado partiendo de los siguientes datos básicos:

Punto de Origen: PO Planta de Separación en la Malvinas Cuzco.

Puntos Intermedios: PE<sub>1</sub> Junín y PE<sub>2</sub> Pasco

Punto Final: PF Huánuco.

La elección del trazado debe tener condicionantes topográficas, geológicas y siempre los puntos más cortos entre ellos. Este trazado inicial se ira modificando ya que el gasoducto de se tiene que adaptar al terreno (Ver Figura 6), para ello será necesario hacer vuelos fotogramétricos a escalas de 1:1000 y 1:5000 para obtener plano taquimétricos y mejorar así la precisión del trazado. (Ver Plano 1).

La profundidad de enterramiento de la tubería será de 1 metro excepto los casos o cruces especiales.



Figura 6. Modificaciones del Trazado inicial.



Todas las modificaciones que tenga el trazado inicial dan lugar a múltiples proyectos independientes partiendo siempre del diseño original y de forma que mantengan coherencia entre ellos, para ello se necesitara información a nivel regional y departamental en cada una de las localidades a trazar.

El trazado del gasoducto Perú Centro ha sido diseñado desde el Yacimiento de Gas hasta el Punto final de entrega obteniendo un total de 592 + 000 km alcanzando una elevación altitudinal máxima de más de 3 500 m.s.n.m., cruzando por algunos cruces especiales que se detallaran posteriormente.(Ver Plano 2.1 y Plano 2.2).

### **6.2. DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO.**

Una vez elaborado el trazado inicial se hará referencia de los términos municipales afectados, y a la longitud atravesada tal como se muestra en la siguiente tabla. (Ver Tabla 8).

Será muy importante definir bien los PK (punto kilométrico) para los cruces especiales donde atravesará dicho gasoducto para determinar en detalle las soluciones técnicas constructivas en cada uno de ellos. (Anexo 4, Plano 3.1, Plano 3.2, Plano 3.3, Plano 4,5 y 6 se detalla la obra civil en cada cruce especial).



# GASODUCTO PERÚ CENTRO



	Descripción del Trazado	PK (Punto kilométrico)	Distancia del cruce Especial (m)	Altitud m.s.n.m.
Tramo OJ	Yacimiento de Camisea	0,00	0,0	673,000
	Río Urubamba	0,50	20	673,000
	Parque Nacional Otsihi	55 + 000 86 + 700	31 700	577,200
	Limite Departamental Cuzco Junín	59 + 000	0	576,200
	Río Ene	119 + 900	20	1094,20
	Parque Nacional Jallacate	201 + 800 228 + 300	26 500	2404,60
	Campos de Cultivo	263 + 000 272 + 200	9200	3633,70
	Punto de Entrega1	275 + 800	0	3865,60
Tramo JP	Carretera Central JP	277 + 200	12	3856,60
	Carretera Central JP	278 + 800	12	3845,60
	Carretera Central JP	283 + 500	12	3807,20
	Parque Nacional Puí Puí	336 + 200 338 + 200	2 000	3074,80
	Carretera 5S	386 + 700	12	2512,90
	Limite Departamental Junín Pasco	396 + 100	0,0	2392,10
	Carretera 22 A	399 + 200	12	2334,40
	Punto de Entrega2	419 + 800	0,0	2146,60
Tramo PH	Parque nacional Yanacancha	477 + 200 504 + 900	27 700	2525,10
	Carretera 5N	482 + 400	12,0	2541,20
	Limite Departamental Pasco Huánuco.	518 + 100	0	2203,70
	Carretera 18A	584 + 600	12	1870,60
	Punto Final del Gasoducto	592 +600	0	1997,10

Tabla 8. Descripción del Trazado Perú Centro

## 6.3. CARACTERÍSTICAS DE LA CONDUCCIÓN.

La conducción de este gasoducto está formada por tuberías de acero al carbono de alta resistencia (Ver Figura 7) para soportar altas presiones definidas por la Norma API-5L.

Estas tuberías consideran el revestimiento siempre en fábrica por razones de calidad, uniformidad y economía y la unión de todas ellas se hará por medio de soldadura que para ello tendremos que conocer perfectamente los procedimientos, ensayos y técnicas de soldadura perteneciendo así este trabajo a la mecánica operativa.

Se determinarán la posición de bridas, válvulas de obturación y derivación según a la distancia que corresponda cada una de ellas, así como también el paso de los rascadores para su limpieza y mantenimiento de la línea.

Paralelo a ello se instalará un cable de fibra óptica para la telemida del gasoducto para controlar la activación de las válvulas, las ERM, EPC o EC.



Figura 7. Conducción de la tubería.



## 6.3.1. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS Y GEOMÉTRICAS DE LA CONDUCCIÓN.

El Perú mediante la legislación industrial establecerá los requisitos mínimos de seguridad que debe cumplir la construcción de este gasoducto y estará basado por la Norma API donde se señalan los requisitos mínimos que están elaboradas para los gasoductos que atraviesan zonas de muy baja densidad de población.

### a) DE LA TUBERÍA.

Desde el punto de vista metalúrgico los tres requisitos básicos que se le exige al material de la tubería y a los accesorios como válvulas, bridas, juntas aislantes y otros accesorios se concentra en:

- Un alto límite elástico.
- Una adecuada tenacidad de fractura.
- Una buena soldabilidad.

Este gasoducto una vez aprobado el trazado tendrá siguientes características según la Norma API – 5L:

Calidad del Acero:	API-5L Gr.X-60
Diámetro Nominal:	32"
Límite Elástico:	415 MPa
Límite de Rotura:	520 MPa
Longitud de la tubería:	12 m (Largo doble)

Espesores según Categorías de Emplazamiento: (Ver Tabla 9).

Presión (bar)	Categoría de Emplazamiento.	Calculo de cálculo F	Espesor calculado (mm)	Espesor mínimo UNE 60-302 (mm)	Espesor Real (mm) Catálogo comercial ALMASA
80	1ra	0,72	10,7	8,3	12,70
80	2da	0,60	12,8	8,3	15,88
80	3ra	0,50	15,4	8,3	---
80	4ta	0,40	19,2	8,3	---

Tabla 9. Espesores comerciales de la Tubería.



Categorías Emplazamiento: 1ra: Desiertos, Campos Agrícolas  
2da: Periferia.  
3ra: Residencias.  
4ta: Centro de la Ciudad.

## b) VÁLVULAS.

La incorporación de válvulas en la línea son obligatorias cada cierta distancia según la normativa correspondiente ASME B31-8 en donde solo se considerará las categorías de emplazamiento 1 y 2 según su índice de habitabilidad (Ver Tabla 10).

Categoría	Descripción	Distancia (km)	F
1 Div. 1	Desiertos	32,20	0,85
Div. 2	Campos agrícolas	32,20	0,72
2	Periferia	24,10	0,60

**Tabla 10. Distancias establecidas de válvulas según la Categoría de emplazamiento.**

Las características mecánicas que deben tener estos dispositivos de regulación del flujo de gas principalmente de fiabilidad por su estanquidad, maniobrabilidad y la intervención de ellas en caso de que un equipo no cumpla una de las funciones requeridas de la línea ya que el material tendrán que ser equivalentes al de la línea de conducción.

Las válvulas que se usarán en la línea serán según su naturaleza (compuerta, asiento, macho cónico, macho esférico y mariposa) o por la función que vayan a realizar (laminado, corte o cierre y multivías) durante el transporte del gas. (Ver Figura 8 y Plano 3.1, Plano 3.2, Plano 3.3).

En todos los casos para la selección del emplazamiento de las posiciones con o sin trampa de rascadores y con o sin Estaciones de Regulación y medida se considerará la disponibilidad de fácil acceso previniendo las mejoras de camino donde sea necesario. En caso que se instale válvulas accionadas con telemando necesitará acometidas eléctricas.

En caso necesario ya sea por razones de seguridad u operación en cada tramo de válvulas de seccionamiento se tendrán que instalar líneas de venteo a través de un by-pass previsto en cada válvula. Según la Normativa API 6D para nuestra conducción de 32" correspondería una diámetro del venteo de 12".





La línea de venteo dispondrá de una válvula macho que permitirá la laminación del flujo del gas y el control de la velocidad del mismo, así como una puerta de abertura rápida que facilite las operaciones del venteo. En el Plano 7 se detalla una disposición de válvulas y trampas de rascadores en una posición determinada.

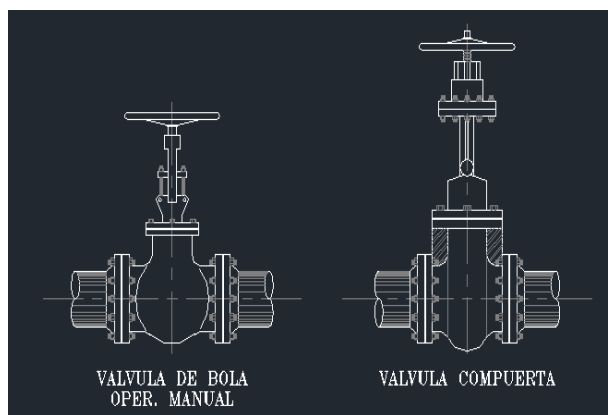


Figura 8. Válvulas de Bola y Compuerta.

Tramo	PK	Tipo de Válvula
Tramo OJ	32 + 200	Seccionamiento
	64 + 400	Seccionamiento
	96 + 600	Seccionamiento
	128 + 800	Seccionamiento
	161 + 000	Seccionamiento
	193 + 200	Seccionamiento
	225 + 400	Seccionamiento
	257 + 600	Derivación
	275 + 800	Punto de entrega
Tramo JP	299 + 900	Derivación
	332 + 100	Seccionamiento
	364 + 300	Seccionamiento
	396 + 500	Derivación
	419 + 800	Punto de entrega
Tramo PH	443 + 900	Derivación
	476 + 100	Seccionamiento
	508 + 300	Seccionamiento
	540 + 500	Seccionamiento
	546 + 600	Derivación
	592 + 000	Punto de entrega

Tabla 11. Posiciones de las válvulas





## c) JUNTAS AISLANTES, ACCESORIOS Y BRIDAS PARA LA TUBERÍA

Las juntas tendrán características mecánicas equivalentes a las de las líneas de conducción, en material y espesor juntamente con los accesorios a soldar como codos, reducciones, té y otros.

En cuanto a las bridas serán incorporadas según el *código ANSI* de la serie 600 para la transmisión y de la serie 150 para el sistema de distribución al igual que las válvulas y las características mecánicas serán igual al de la conducción.

A continuación se muestra una tabla de las clases de materiales a usar en la construcción de la conducción según su tipo de material y las condiciones normalizadas que se deben seguir. (Ver Tabla 12).

### Materiales:

Forjados

Laminados

Fundidos (Diámetro nominal, Presión nominal y Espesor de la pared\*)

Accesorio	Especificación fabricación	Dimensiones
<b>Forjados</b>		
Bridas	ASTM A-105	ANSI B. 16.5
Weldolets*	ASTM A-105	**
Válvulas	ASTM A-105	API 6D
Manguitos***	ASTM A-105	ANSI B. 16.11
<b>Laminados</b>		
Té	ASTM A-234	ANSI B. 16.9
Reducciones	ASTM A-234	ANSI B. 16.9
Codos	ASTM A-234	ANSI B. 16.9
Caps	ASTM A-234	ANSI B. 16.9
<b>Fundidos</b>		
Válvulas	ASTM A-216	API 6D

\* Incluye otros tipos de enfoque forjados por encastre y rosca.

\*\* Dimensiones con normalización específica.

\*\*\* Incluye todos los accesorios con soldadura por encastre y con rosca.

**Tabla 12. Especificación de accesorios.**



## d) ESTACIÓN DE PROTECCIÓN CATÓDICA.

Esta instalación de protección catódica EPC constará de 2 equipos transforectificadores de corriente, conectando el polo positivo a un lecho dispersor de ánodos (titanio) y cables de enlace contactados a la tubería (polo negativo) actuando sobre ella una protección activa convirtiéndolo en un cátodo para evitar la corrosión debido a fenómenos electroquímicos que ocurre con la condición metálica enterrada forzando una entrada de corriente continua consiguiendo una carga ideal a -0,85 V en la tubería y conseguir así su protección.

Para el cálculo del número de EPC se tienen que hacer previos trabajos de campo en donde se evalúa la agresividad del terreno con ánodos de referencia Cu/CuSO<sub>4</sub> (Cobre – sulfato de cobre saturado), se tomará como referencia una resistividad del suelo de 15 000  $\Omega$  x cm siendo un suelo moderadamente agresivo el terreno.

El sistema de una EPC estará constituida por:

- ✓ Una Estación de protección Catódica.
- ✓ Un conjunto de tomas de potencial distribuidas a lo largo de las tuberías para el control del sistema de protección.
- ✓ Electrodo de referencia, permanentes y probeta para la obtención de potenciales reales sobre la tubería.

El potencial de -1 200 mV, es el que normalmente, se adopta como límite de potencial, para evitar posibles daños en el revestimiento por deslaminación catódica y corrosión que esta puede causar.

Las 7 EPC están dotadas con un transforectificador de 15 A (amperios) 70 V (voltios) en CC. Para controlar el nivel de protección se instalarán a lo largo del trazado cada 2 km aproximadamente cajas con toma de potencial que permiten obtener el valor de la tensión tubería-electrodo de referencia. (Ver Tabla 13, Plano 3.1, Plano 3.2, Plano 3.3).



Nro. de Estación	PK
EPC <sub>1</sub>	84 + 600
EPC <sub>2</sub>	169 + 200
EPC <sub>3</sub>	253 + 800
EPC <sub>4</sub>	338 + 400
EPC <sub>5</sub>	423 + 000
EPC <sub>6</sub>	507 + 600
EPC <sub>7</sub>	592 + 000

**Tabla 13. Posición de las EPC sobre la conducción.**

El detalle de todo el dimensionamiento de una EPC se detallará en el Anexo 5.

**e) TRAMPAS DE RASCADORES.**

Estas instalaciones de tubería permitirán la introducción de pistones de limpieza y mantenimiento y tendrán que ser 4" (pulgadas) mayor que el diámetro de la tubería para que así puedan operar bien estos dispositivos. La localización de estos dispositivos coincidirá con el inicio y fin del gasoducto.

Constarán de un barrilete de llegada y otro de salida de los rascadores, que por medio de un dispositivo de válvulas de interceptación, by-pass y cierres herméticos de las trampas, permiten la introducción de los pistones rascadores utilizando el propio movimiento del fluido y sin interrumpir el funcionamiento del gasoducto.

**f) ESTACIONES DE REGULACIÓN Y MEDIDA.**

Tendrán como función reducir la presión del fluido, para ello el gas que se recibirá se tendrá que filtrarlo, calentarlo, bajarle la presión, enderezarlo, medirlo y servir a la red de distribución de salidas, los elementos de una ERM son; válvula de derivación, válvula de seguridad, caldera de gas, válvulas de regulación de presión, medidores de caudal y conducciones de enlace y salida.

La localización de las ERM a lo largo del gasoducto estará instalada en cada punto de entrega en donde las posiciones serán:



## GASODUCTO PERÚ CENTRO



PK 275 + 800 ERM - 80/16 bar.

PK 419 + 800 ERM - 80/16 bar.

PK 592 + 000 ERM - 80/16 bar.

Las bases de partida para el dimensionamiento de cada Estación de Regulación y Medida vendrán dadas por el diámetro de la tubería del gasoducto (32"), caudales de entrega para cada punto intermedio y final, presión de Servicio máximo y mínimo así como también la temperatura de suministro. (Ver Tabla 14, Plano 3.1, Plano 3.2 y Plano 3.3). **Error! No se encuentra el origen de la referencia.).**

Tramo	PK <sub>i</sub> (km)	PK <sub>f</sub> (km)	L (km)	Q recibido m <sup>3</sup> (n)/h	Q entregada m <sup>3</sup> (n)/h	Localidad
OJ	0,0	275,8	275,8	480.000,0	254.244,7	Junín
JP	275,8	419,8	144,0	225.755,3	55.910,9	Pasco
PH	419,8	592,0	172,2	169.844,3	169.844,3	Huánuco

**Tabla 14. Caudales en Puntos de Derivación.**

Los diámetros de la tubería de entrada y de salida de la ERM se deben establecer limitando la velocidad de circulación del gas natural en ellas a 30 m/s en la entrada y a 20 m/s en la salida.

Para el cálculo se tomará como valor de referencia de la velocidad 10 m/s.

El número de líneas de cada Estación de Regulación y Medida considerando la línea en reserva se detalla a continuación:

**Para el Punto de Entrega: 1**  
 PK: 275 + 800.  
 Tramo: OJ

	Colector de Entrada	Conducción antes de la Regulación	Conducción tras de la Regulación	Colector de salida
<b>Presión bar (a)</b>	81	81	17	17
<b>Q m<sup>3</sup> (n) /h</b>	255 000	255 000	255 000	255 000
<b>Z</b>	0,8	0,8	0,8	0,8
<b>Velocidad (m/s)</b>	10	10	10	10
<b>Dint. (mm)</b>	308,54	308,54	673,50	673,50
<b>Dint. (")</b>	14	14	28	28



Dentro de la ERM existe un colector de entrada, un colector de salida, y las líneas. En los colectores circula todo el caudal y tendrán el diámetro que le corresponda. En las líneas circula el caudal / (número de líneas-1) y su diámetro suele ser  $\leq 14"$  por temas de costes de valvulería, elementos de medida, etc.

Para establecer las líneas entre el colector de entrada y salida establecerá el cálculo del número de líneas de la ERM:

**Colector de Entrada:**

A de 14"	=	0,0993 m <sup>2</sup> .
A/4 líneas	=	0,0248 m.
r de cada línea	=	4"
D de cada línea	=	8"

**Colector de Salida:**

A de 28"	=	0,3973 m <sup>2</sup> .
A/4 líneas	=	0,0993 m.
r de cada línea	=	7"
D de cada línea	=	14" <b>Número de líneas para la ERM = 5</b>

líneas.

Diámetros seleccionados para la ERM en el PE<sub>1</sub> incluida la de reserva.

Colector de entrada:	de 8" Debido a la conexión con la conducción previa a la regulación
Conducción previa a regulación:	8 " Debido a la conexión con el filtro y el intercambiador de calor.
Conducción tras regulación:	14 " Debido a la conexión con el contador de turbina.
Colector de salida:	14 " Debido a la conexión con la conducción tras regulación.

Para el cálculo de la velocidad en cada línea:

	Tubería de 8"	Tuberías de 14"
Presión (bar)	81	17
Diámetro (mm)	203,2	355,6
$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> )	415	415
F	0,72	0,72
C	1	1
e Calculado (mm)	2,75	1,01
Q m <sup>3</sup> (n) /h	63 750	63 750
Z	0,8	0,8
Dint. (mm)	203,2	355,6
Velocidad (m/s)	5,76	8,97



Se comprueba que en esta Estación de Regulación se cumple que la velocidad de entrada no es mayor a 30 m/s y en la salida no es mayor a los 20 m/s.

**Para el Punto de Entrega: 2**

PK: 419 + 800.

Tramo: JP

	Colector de Entrada	Conducción antes de la Regulación	Conducción tras de la Regulación	Colector de salida
<b>Presión bar (a)</b>	81	81	17	17
<b>Q m<sup>3</sup> (n) /h</b>	56.000	56.000	56.000	56.000
<b>Z</b>	0,8	0,8	0,8	0,8
<b>Velocidad (m/s)</b>	10	10	10	10
<b>Dint. (mm)</b>	144,6	144,6	315,6	315,6
<b>Dint. (")</b>	6	6	14	14

En esta ERM cumple las condiciones comerciales por lo que se considerará solo 2 líneas de Regulación incluida la de reserva.

Diámetros seleccionados para la ERM en el PE<sub>2</sub> incluida la de reserva.

Colector de entrada:	6" Debido a la conexión con la conducción previa a la regulación
Conducción previa a regulación:	6 " Debido a la conexión con el filtro y el intercambiador de calor.
Conducción tras regulación:	14 " Debido a la conexión con el contador de turbina.
Colector de salida:	14 " Debido a la conexión con la conducción tras regulación.

Para el cálculo de la velocidad en cada línea:

	Tubería de 6"	Tuberías de 14"
Presión (bar)	81	17
Diámetro (mm)	152,4	355,6
$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> )	415	415
F	0,72	0,72
C	1	1
e Calculado (mm)	2,07	1,01
Q m <sup>3</sup> (n) /h	56 000	56 000
Z	0,8	0,8
Dint. (mm)	152,4	355,6
Velocidad (m/s)	9,00	7,88



Se comprueba que en esta Estación de Regulación se cumple que la velocidad de entrada no es mayor a 30 m/s y en la salida no es mayor a los 20 m/s.

**Para el Punto de Entrega: 3**

PK: 592 + 000.

Tramo: PH

	Colector de Entrada	de	Conducción antes de la Regulación	Conducción tras de la Regulación	Colector de salida
Presión bar (a)	81		81	17	17
Q m3 (n) /h	169 000		169 000	169 000	169 000
Z	0,8		0,8	0,8	0,8
Velocidad (m/s)	10		10	10	10
Dint. (mm)	251,18		251,18	548,29	548,29
Dint. (")	10		10	22	22

Dentro de la ERM existe un colector de entrada, un colector de salida, y las líneas. En los colectores circula todo el caudal y tendrán el diámetro que le corresponda. En las líneas circula el caudal / (número de líneas-1) y su diámetro suele ser  $\leq 14"$  por temas de costes de valvulería, elementos de medida, etc.

Para establecer las líneas entre el colector de entrada y salida establecerá el cálculo del número de líneas de la ERM:

**Colector de Entrada:**

A de 10" = 0,0507 m<sup>2</sup>.

A/3 líneas = 0,0169 m.

r de cada línea = 3"

D de cada línea = 6"

**Colector de Salida:**

A de 22" = 0,2452 m<sup>2</sup>.

A/3 líneas = 0,0817 m.

r de cada línea = 7"

D de cada línea = 14" **Número de líneas para la ERM = 4**  
líneas.

Diámetros seleccionados para la ERM en el PE<sub>3</sub> incluida la de reserva.



Colector de entrada:	6" Debido a la conexión con la conducción previa a la regulación
Conducción previa a regulación:	6 " Debido a la conexión con el filtro y el intercambiador de calor.
Conducción tras regulación:	14 " Debido a la conexión con el contador de turbina.
Colector de salida:	14 " Debido a la conexión con la conducción tras regulación.

Para el cálculo de la velocidad en cada línea:

	Tubería de 6"	Tuberías de 14"
Presión (bar)	81	17
Diámetro (mm)	152,4	355,6
$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> )	415	415
F	0,72	0,72
C	1	1
e Calculado (mm)	2,07	1,01
Q m <sup>3</sup> (n) /h	56 333	56 333
Z	0,8	0,8
Dint. (mm)	152,4	355,6
Velocidad (m/s)	9,06	7,92

Se comprueba que en esta Estación de Regulación se cumple que la velocidad de entrada no es mayor a 30 m/s y en la salida no es mayor a los 20 m/s.

Finalmente en la siguiente tabla se resume los espesores, velocidades y capacidad de las turbinas de cada ERM en su correspondiente posición. (Ver Tabla 15).

ERM		Diámetros	e (mm) teórico	e (mm) comercial	Velocidad (m/s)	Capacidad de las Turbinas (m3 / h)
PE1	ENTRADA	8"	2,75	2,77	5,8	12439,32
	SALIDA	14"	1,01	3,96	9,0	
PE2	ENTRADA	6"	2,07	2,77	9,0	2731,77
	SALIDA	14"	1,01	3,96	7,9	
PE3	ENTRADA	6"	2,07	2,77	9,1	8244,10
	SALIDA	14"	1,01	3.96	7,9	

**Tabla 15. Resumen de espesores, velocidades y capacidad de la turbina.**





En todas las estaciones se cumple que la velocidad de entrada no sea mayor a 30 m/s, y en la salida no pasa los 20 m/s.

El detalle del dimensionado de diámetros, espesores y velocidad del fluido de cada ERM se detalla en el Anexo 6.

## **g) ESTACIONES DE COMPRESIÓN.**

La función de la Estación de compresión (EC) es compensar las pérdidas de carga durante el transporte del fluido, los elementos de una EC son; compresores, refrigeradores, separadores, filtros, válvulas de control, válvulas de seguridad, circuito antibombeo, equipos de medida y circuito de gas.

La localización de la EC tendrá la posición en el origen del gasoducto con una potencia instalada por la turbina de gas considerándose un rendimiento del 80% será de 13 000 kW. El desarrollo del diseño de la Estación de Compresión está desarrollado en el Anexo 7.

Las condiciones de operación se resumen de la forma siguiente:

- |                              |                              |
|------------------------------|------------------------------|
| - Presión de aspiración:     | 45 bar (a)                   |
| - Presión de descarga:       | 81 bar (a)                   |
| - Caudal nominal:            | 480 000 m <sup>3</sup> (n)/h |
| - Temperatura de aspiración: | 20 °C                        |
| - Temperatura de impulsión:  | 60 °C                        |

Y las características de los dos turbocompresores (1 en reserva) de hasta 13 MW serán fabricadas de acuerdo con las rigurosas normas del American Petroleum Institute (API), específicamente API 614, Capítulo 3 (gas), y API 614 sobre sistemas de lubricación.

## **h) REVESTIMIENTO.**

La vida útil de la tubería enterrada dependerá de un revestimiento o protección contra la corrosión que consiste en una protección pasiva que actúa como protector en donde sus características serán:

- ✓ Resistividad eléctrica elevada.
- ✓ Bajo nivel de absorción de agua.
- ✓ Baja permeabilidad.
- ✓ Resistencia a los agentes atmosféricos.
- ✓ Resistencia a los esfuerzos mecánicos de abrasión.



- ✓ Resistencia a las altas temperaturas.
- ✓ Resistencia a los impactos.
- ✓ Adherencia al acero.

El material de revestimiento tendrá que ser de origen plástico como las cintas plásticas aplicadas en frío o con materiales termoplásticos. La conducción aptará por el uso del Polietileno extruido con un espesor de 2,5 mm a 4 mm.

El revestimiento interno en una película de pintura epoxi de 60 micras y su función será la de disminuir la rugosidad de la pared interior de la conducción y la pérdida de carga durante el recorrido del fluido logrando así un ahorro de la energía necesaria para impulsar el gas.

## i) PROFUNDIDAD DEL ENTERRAMIENTO DE LA TUBERÍA.

La profundidad es la suma del material como fondo, el diámetro de la conducción revestida y un recubrimiento sobre la generatriz superior del tubo en una zona rural será de 1 m y en roca 0,9 m. El ancho de la zanja será de 1.5 veces del diámetro de la tubería se considerará 0,55 m más para el cable de fibra óptica para el telemando. (Ver Figura 9).

La profundidad de la zanja en los cruces especiales tendrá especificaciones diferentes para cada cruce según su estudio Geotécnico, para el cruce de ríos se alcanzará una profundidad mínima de 2,50 m, para el cruce de carreteras se alcanzará una profundidad mínima de 1,2 m. En los planos 4,5 y 6 se detalla la profundidad de la zanja en los cruces especiales.

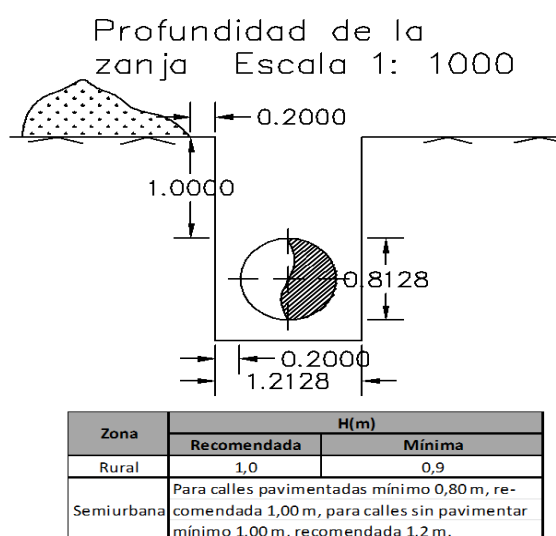


Figura 9. Enterramiento de la tubería.



### **6.3.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES PARA LA OBRA CIVIL.**

El material para la obra civil será la de hormigón en masa y armado a realizar como apoyo o protección de la conducción de acuerdo a instrucciones establecidas para su aplicación. El tipo de hormigón en todos los casos tendrá la resistencia característica indicada en el pliego de condiciones.

### **6.3.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES ELÉCTRICOS.**

Como se ha descrito en el apartado anterior las características tendrán que ser descritas por las Estaciones de Protección Catódica que este a su vez estará instalado y alimentado por cuadros de alimentación en cada posición intermedia (C.A.P.I), compuesto por la unidad de corriente alterna, la unidad de rectificación para la corriente continua, baterías y acumuladores.

Una EPC tiene los siguientes elementos:

- ✓ Lecho de ánodos
- ✓ Tubería
- ✓ Electrodo de referencia.
- ✓ Puesta a tierra
- ✓ Conductores eléctricos
- ✓ Cajas para tomas de potencial
- ✓ Materiales para puesta a tierra.



### 7. CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL GASODUCTO PERÚ CENTRO.

La construcción de este gasoducto se ejecutará con un soporte informático ISTRAM / ISPOL que actualmente es el más completo y eficaz en el mercado para el diseño de estos proyectos que requerirán obra civil. Su estructura modular permite escoger desde una configuración sencilla, que permite proyectar carreteras, autopistas, ferrocarriles, **así como redes de distribución y abastecimiento mediante tubo**, refuerzo y mejoría de vías existentes, proyectos de urbanización o extracción de minerales, entre otros.

El módulo de Tuberías permite hacer el trazado con el tipo de tubería seleccionada donde una de las virtudes de este software es el elevado nivel de detalle al que se puede llegar en el diseño de la sección transversal de la tubería enterrada contemplando las diversas tipologías.

Finalmente se ha ensayado una simulación (Ver Planos 8, 9 y 10) con una cartografía tutorial con este módulo que ofrece:

- ✓ Menú específico para el diseño de este tipo de proyectos.
- ✓ Diseño de una red de distribución.
- ✓ Control de accesorios, conexiones y holguras.
- ✓ La selección de tuberías con cualquier sección geométrica.
- ✓ Sección en zanja, apoyada, hincada, en túnel, ...
- ✓ Múltiples tipos de relleno de zanja.
- ✓ Hormigón de limpieza, cama del tubo, reposición de tierras, entibación,....
- ✓ Corrección de geometría transversal según pendiente longitudinal.
- ✓ Tiene en cuenta caminos de servicios y acopios.

Las conducciones de diseño avanzado, como son las técnicas “pipe-line” cuentan con un sistema de puesta en obra especializado y relativamente sofisticado.

La construcción de la conducción se hace en campo, con un conjunto de máquinas especializadas, agrupadas en tajos para cada operación y se realiza a lo largo de la traza por una pista provisional de una anchura suficiente.

Este conjunto de equipos operarán sobre longitudes entre 40 km y 120 km y estarán diseñados para avanzar a un ritmo de 1 km o 2 km diarios, para ellos deberá contar un sistema logístico importante contando desde un inicio con la totalidad o un porcentaje suficiente de tubos y permisos de paso.



El ritmo de la construcción dependerá fundamentalmente de la orografía de terreno y clima fijándose tajos que no superen las distancias establecidas inicialmente para conservar los niveles de coordinación y control. El gasoducto “Perú Centro” fijará estas distancias predeterminadas para un mejor control:

Distancias entre cabecera de:

Zanja y Soldadura:	5 km a 10 km.
Soldadura y tendido en zanja:	2 km a 5 km.
Tendido en zanja y restitución:	5 km a 20 km.
Total distancia de tramo abierto:	máx. 40 km.

Los trabajos a pie de obra quedan divididos de la siguiente manera:

- ✓ Replanteos de pista.
- ✓ Reparación de la pista.
- ✓ Apertura de la zanja.
- ✓ Transporte y alineación de tubos.
- ✓ Curvado de los tubos.
- ✓ Soldadura de los tubos.
- ✓ Revestimiento de las uniones.
- ✓ Tendido del gasoducto.
- ✓ Cruces y zonas especiales.
- ✓ Protección Catódica.
- ✓ Limpieza y pruebas hidráulicas.
- ✓ Posiciones de válvulas.

En cuanto al personal según sus funciones, se reparten de la siguiente manera:

- ✓ 10 %: Personal técnico de mando. (Ingenieros, etc.).
- ✓ 40 % a 45 %: Personal especializado. (Soldadores, etc.).
- ✓ 45 % a 50 %: Mano de obra no cualificada.
- ✓ 5 %: Personal administrativo.

La mano de obra no cualificada se acostumbra a contratar en el lugar donde se realiza la construcción.

El parque del material utilizado se dividirá en:

- ✓ Maquinaria dedicada a la construcción de la obra civil (excavadoras, bulldozers, etc.).



- ✓ Maquinaria especial para la colocación del gasoducto y una cantidad importante de materiales y utillajes diversos (tractores con pluma lateral, compresores, bombas, grupos de soldadura, etc.).
- ✓ Un parque automovilístico que se constituirá por camiones de todos los tipos, tractores con remolques y automóviles.

A continuación se describen las actividades de los trabajos a pie de obra:

## 7.1. UBICACIÓN.

El diseño del gasoducto Perú Centro estará ubicado en la Zona Central del Perú, el detalle de la ubicación correspondiente está visualizado en el Plano 3, donde se muestra el perfil y niveles principales, cruces especiales, límites regionales, puntos de entrega, etc.

### 7.1.1. PLANOS.

Los planos son los documentos donde constan todos los detalles propios de la construcción.

Son preparados con toda la información de campo. Si fuese necesario se modificará algún detalle porque la geografía del terreno no permita construir tal como está especificado. La obra se ejecutará con la autorización escrita de la Compañía propietaria, compañía constructora y la entidad que representará al Estado Peruano.

Los planos a tener en cuenta son:

- ✓ Plano de la Ubicación.
- ✓ Planos 1: 5 000 y 1:1 000 trazado.
- ✓ Planos perfiles línea: H a 1:5 000 y 1:1 000, V a 1: 1 000 y 1:200.
- ✓ Plano de Cruces Especiales: Planta 1:200.
- ✓ Plano de esquema general lineal.
- ✓ Plano de obra civil, montaje mecánico e instalaciones eléctricas.
- ✓ Plano de protección catódica y acometidas eléctricas.
- ✓ Planos parcelarios.
- ✓ Planos tipo.

### 7.1.2. RUTA.

La ruta será trazada con estacas de la siguiente manera:

- ✓ Terreno llano y tramo recto: cada 100 m.
- ✓ Terreno llano y tramo curvo: cada 50 m.



- ✓ Terreno quebrado y tramos rectos: cada 50 m.
- ✓ Terreo quebrado y tramos curvos: cada 30 m.
- ✓ Las estacas tendrán 2" x 2" x 24" y pintado parcial fosforescente de 4" en la parte superior.

La ruta en cruces especiales de ríos, quebradas, puentes, o cualquier otra instalación industrial debe ser trazada en detalle y aprobada por la compañía principal y el representante del órgano regulador del Perú.

## **7.2. REPLANTEOS Y EJECUCIONES DE LA PISTA.**

La pista consistirá en una explanación, es decir, carece de firme y sus pendientes son las de la traza que en determinados puntos habrá que dulcificar para conseguir curvaturas que permitan el doblado del tubo en obra.

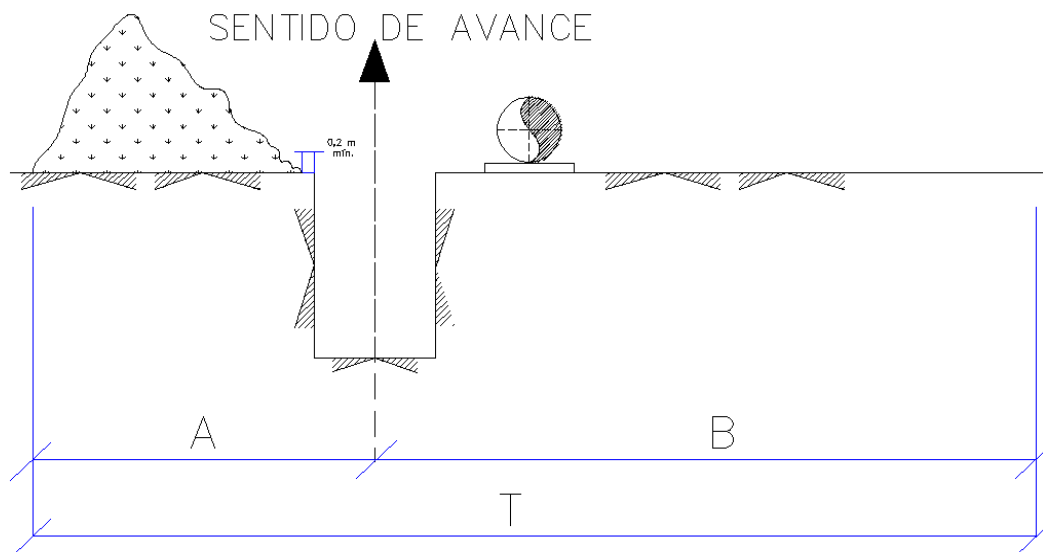
Una vez replanteada la traza se comenzarán las labores previas de talar y desgajar y desbrozar la vegetación. Después se da inicio a la explanación.

En algunos casos el trazado de la ruta del gasoducto atraviesa propiedades particulares, haciendo necesario gestionar ante los propietarios la autorización para construir la parte que atraviesa la propiedad particular.

En los tramos de roca es probable que se precise hacer alguna voladura. También puede convenir acondicionar los cambios de acceso a la pista e incluso abrir algunos nuevos.

### **7.2.1. EJECUCIÓN DE LA PISTA.**

El Manual del transporte de Sedigas recomienda que la pista pueda variar entre los 20 m para tuberías de más de 30" y los 6 m para las de 4" y 2". En ciertos casos se podrá trabajar en una pista restringida, que es recomendable porque abarata el coste de los terrenos afectados y compensa los gastos de construcción. En caso de terrenos accidentados y para evitar movimientos importantes de tierra se podrá trabajar en una pista escalonada. (Ver Figura 16).



**Figura 10. Sección de pista.**

	Diámetro nominal	Distancia en metros		
		A	B	T
Pista Normal	26" a 34"	6	14	20
Pista Restringsida	26" a 34"	4	10	16

**Tabla 16. Anchuras de la pista.**

Este derecho de paso que gestionará la compañía constructora será de 20 m de ancho como mínimo y debe permitir las operaciones de limpieza, zanjas, soldadura, cumpliendo todas las especificaciones.

La Compañía constructora deberá mantener la totalidad de la operación dentro de los 20 m especificados.

Se tendrá especial cuidado en el retiro oportuno de la basura y desperdicios generados, los cuales se retirarán a los rellenos asignados para tal fin.

Debe protegerse el Medio Ambiente, preservando árboles, valles y toda área verde. Caso contrario, la Compañía Constructora se hará acreedora a la sanción correspondiente.





### 7.2.2. DERECHO DE DESVÍO.

De acuerdo con la geografía del terreno, en algunos casos es necesario desviar temporalmente riachuelos. Estos desvíos deben ser por el tiempo estrictamente necesario. Primará la preservación de la naturaleza.

Los desvíos efectuados permitirán el paso de todos los equipos y maquinarias que se utilizan en la construcción del gasoducto.

El derecho de desvío debe ser autorizado por el representante del agente regulador del Perú.

### 7.2.3. CERCAS, TELÉFONOS Y POSTES DE UTILIDAD PÚBLICA.

La compañía constructora se encargará de construir, vigilar y mantener los cercos y portones necesarios originados por el derecho de paso o de desvío.

En el caso de existir ganado cabrío, caballar, o auquénidos se asignará vigilancia adecuada para evitar salidas intempestivas.

Los postes de teléfonos públicos en las ciudades serán reubicados temporalmente hasta la terminación de la obra.

Pocas veces es necesario hacer voladuras de cerros con dinamita, en estos casos, se avisará a los propietarios del área y vecinos, para efectuar las explosiones sin afectar significativamente los postes, cables, carreteras o cualquier vía o equipo cercano al punto de explosión.

## 7.3. APERTURA DE ZANJAS.

La apertura se hará según especificación del plano. Las recomendaciones generales son las siguientes:

### 7.3.1. DIMENSIONES MÍNIMAS, FONDO Y RELLENO.

- **Profundidad:** Es la suma del material seleccionado como fondo, el diámetro de la conducción revestida y recubrimiento sobre la generatriz superior del tubo en una zona rural será de 1 m.
- **Ancho:** El ancho es la suma de 1,5 veces el diámetro de la tubería más 0,55 m ya que se considerará en la zanja el cable de fibra óptica para el telemando.



- **Fondo:** El fondo de la zanja debe estar libre de piedras, ramas, raíces. En algunos casos las especificaciones indican sacos de arena.
- **Relleno:** Si el terreno es rocoso la profundidad de la zanja debe ser de tal magnitud que permita un relleno mínimo de 60 cm encima del tubo.

En los casos de zanjas cercanas a carreteras, caminos, canales de riego, quebradas, riachuelos, se deberá tenerse en cuenta las recomendaciones necesarias para evitar accidentes o afectar el medio ambiente.

### 7.3.2. EXCAVACIÓN EN ROCA.

Se define un terreno rocoso a aquel que es roca sólida de formación original donde no puede acceder la máquina especificada en la cual se necesitará una máquina perforadora, martillos de aire y/o dinamita para su respectiva voladura.

Para calcular las medidas de volumen de roca volada, se tomará generalmente desde el borde superior de la roca hasta el fondo de la zanja generalmente es 0,90 m de profundidad.

## 7.4. OBRA MECÁNICA.

### 7.4.1. MANIPULACIÓN DE LOS TUBOS.

La manipulación de la tubería incluye:

- ✓ Mano de obra.
- ✓ Materiales y equipos en forma permanente y o temporal tales como tubos de protección, soportes, trozos de madera y tractores con pluma lateral y bulldozers portatubos.

El inicio de la construcción deberá contar con toda la documentación aprobada y con los permisos correspondientes, derechos de paso que satisfagan el cumplimiento del Estudio de Impacto Ambiental y toda legislación vigente y actualizada.

La maquinaria, equipos, herramientas, tiendas de campaña, equipos de cocina, botiquines, extintores, equipos de comunicación, paneles solares, baterías, etc. deberán ser inspeccionados y aprobados por la autoridad responsable de Seguridad y Medio Ambiente.



Debe asegurarse un suministro de formatos para los permisos en plena construcción o cualquier contingencia que se pueda presentar.

El manipuleo de los tubos que no tienen revestimiento se hará siguiendo las siguientes especificaciones:

- ✓ Los tubos deberán ser elevados con la maquinaria adecuada.
- ✓ No deberán caer en una superficie que los estropeen.
- ✓ Se colocarán los tubos de modo que formen un ligero ángulo con el eje de la traza, para evitar que se dañen unos con otros en los extremos y a una distancia de 2 m del borde de la zanja.
- ✓ Los tubos de 32" de diámetro se moverán con enganches especiales de bronce cuyo extremo cuente con placa metálica de curvatura igual a la pared interna de la tubería.
- ✓ Si los tubos están taponados los enganches contarán con placas metálicas de curvatura similar a la superficie exterior del tubo.
- ✓ Los tubos en remolques deberán apilarse por su longitud, sin sobrepasar la carga de diseño del remolque.
- ✓ Antes de mover el remolque, los tubos deberán ser sujetados con cadenas atadas a los apoyos.

La manipulación de los tubos revestidos se hará cumpliendo las especificaciones anteriores y las siguientes:

- ✓ Los apoyos de cada tubo deberán ser acolchados y de 30 cm de ancho.
- ✓ Las cadenas de amarre deberán llevar muelles de amortiguación.

### **7.4.2. TRANSPORTE DE LA TUBERÍA.**

La velocidad de transporte de los tubos de 12 m de largo sin revestimiento y los revestidos será de tal manera que no origine flexión o deslizamiento y con los permisos para circular por las carreteras principales, si el caso lo requiere. Se deberá tener especial cuidado en:

- ✓ No sobrepasar los pesos autorizados en las carreteras. (Carga máxima).
- ✓ No sobrepasar velocidades reguladas por el Ministerio de Transportes del Perú ya sea por el día o por la noche en caso de estar cargado el tráiler o container.



- ✓ Contar con seguro de carga por posibles accidentes originados por terceros.

### 7.4.3. TENDIDO DE LAS TUBERÍAS EN PISTA.

En el tendido, al bajar los tubos, se deberá hacer cumpliendo especificaciones:

- ✓ Utilizar maquinaria adecuada, tractores con pluma lateral.
- ✓ Alinear y dejar los tubos dejando área disponible para tránsito del propietario y de su ganado o vehículos de la localidad.
- ✓ En áreas rocosas, el alineado y bajado de los tubos debe ejecutarse con más cuidado por los posibles deslizamientos de rocas y por si los tubos golpean el suelo.
- ✓ Si los tubos tienen revestimiento especial, es mejor utilizar muelles de amortiguación.

El gasoducto Perú Centro en toda su construcción mantiene un mismo diámetro excepto en los puntos de entrega donde se usarán diferentes diámetros, la Compañía constructora hará el tendido por tamaño, peso y especificaciones siguiendo las instrucciones de los planos y de la Compañía principal.

En el tendido se incluirá las válvulas de bloqueo y de seguridad, los reguladores de presión, medidores, revestimientos, conexiones y todo accesorio señalado en los planos e inspeccionado por los inspectores o supervisores de la obra.

### 7.4.4. CURVATURA.

El fondo de la zanja es paralelo a la superficie de la pista y a este fondo ha de acomodarse el tubo por lo que será necesaria la curvatura de los tubos por los niveles del suelo. Para doblar se tendrá en cuenta las siguientes recomendaciones:

- ✓ La curvatura del tubo se hará en frío (lo más habitual).
- ✓ No se aceptarán curvaturas por calentamiento.
- ✓ No se aceptarán tubos con pliegues de fabricación.
- ✓ Los tubos no deberán debilitarse al someterse al curvado.
- ✓ La curvatura se repartirá proporcionalmente a través de toda la longitud del tubo.



- ✓ La maquinaria para doblar en frío deberá contar con los accesorios propios para el diámetro del tubo.
- ✓ No se aceptarán tubos con paredes que no sean uniformes.
- ✓ 1,5° será el ángulo máximo de curvatura en cada punto.
- ✓ La distancia mínima entre punto y punto será el diámetro del tubo.
- ✓ 1,85 m será la distancia mínima del extremo del tubo al punto del primer doblez.
- ✓ En toda curvatura, las soldaduras longitudinales originales no deben quedar en las superficies cóncavas o convexas, sino en la parte superior.

### 7.4.5. ALINEACIÓN.

La alineación de los tubos se hará después de verificar la limpieza interior total en cada tubo.

Se alineará un máximo de 4 tubos para hacer la limpieza.

Para la limpieza se recomienda un disco de plancha de ¼" de espesor y de diámetro ¼" menor al del tubo.

Lo más importante de la alineación es lograr que la soldadura quede en ángulo recto con el eje del tubo.

Para alinear los tubos se recomienda usar grampas de alineamiento.

Las soldaduras de las costuras longitudinales que trae cada tubo de fábrica deberán quedar en el cuadrante superior y se alternarán en no menos de 20°.

Al alinear, soldar, colocar y enterrar los tubos, cuidar que las soldaduras de costura original queden en el cuadrante superior.

### 7.4.6. SOLDADURA.

Para el desarrollo de la soldadura en toda la línea, antes del inicio de la construcción se deberá seguir el debido procedimiento de homologación que corresponderá para un diámetro establecido, grado y procedencia del acero efectuando las correspondientes pruebas mecánicas, también se debe homologar a los soldadores y establecer una homologación de procedimiento de reparación.

- Presentación de una propuesta de Procedimiento de Soldadura, también conocido como Especificación de Procedimiento de Soldadura.



- Aprobación y/o comentarios por el departamento de ingeniería.
- Realización de las probetas de soldadura que se llevará a cabo de acuerdo a la propuesta de soldadura.
- Realización de los ensayos no destructivos y destructivos previstos de códigos y especificaciones de API 1104 para ensayos de tracción, fracturas con entalla, plegados de cara y raíz y/o plegados laterales.

El gasoducto Perú Centro homologará el procedimiento de soldadura según el método manual de arco eléctrico, celulósico, con técnica vertical descendente. Salvo que lo especifique el contrato, se podrá aplicar métodos automáticos.

### a) Definición de términos.

- **Tubo:** Material manufacturado de acuerdo con las Normas de la "American Petroleum Institute Standard 5L, Line Pipe and LX".
- **Soldar:** Acoplamiento circunferencial que une dos secciones de tubo con un material metálico a depositar por medio de la fusión, aplicando calor intenso en la zona donde se formará la unión de fundir un pequeño volumen del material a depositar
- **Soldador:** Operario cualificado que realiza el trabajo manual de soldadura.
- **Sentido de la soldadura:** Se realizará en sentido dextrógiro, desde la parte centro superior del tubo, mirando en el sentido de la construcción.
- **Largos de 12 pulgadas:** Se harán 12" continuas de soldadura en sentido dextrógiro.
- **Largo de un defecto:** Se mide a lo largo de la soldadura circunferencial.
- **Falta de penetración:** Es el relleno incompleto del fondo de la ranura que se ha soldado con metal de soldar.
- **Metal matriz:** Metal del tubo de la conducción.
- **Falta de fusión:** Es la falta de unión entre la tubería y el metal de soldadura o entre cordones consecutivos del metal depositado.



- **Área quemada del tubo:** Es el área del cordón raíz en la cual la penetración excesiva origina que el material a depositar origine un soplamiento en la parte interior del tubo.
- **Inclusión de escoria:** Es un sólido no metálico aprisionado entre el metal a depositar y el metal de la conducción.
- **Socavación:** Se origina por el manejo indebido del electrodo, el empleo del diámetro incorrecto del electrodo u ocurre cuando se eleva demasiado el amperaje por lo que el exceso de calor quema las paredes laterales de la ranura de la soldadura al borde de una capa de metal de soldar, o la reducción en el espesor del metal de la conducción de la pared del tubo adyacente al cordón y donde está fusionado a la pared el tubo.
- **Porosidad o bolsas de gas:** Vacíos de forma esférica que se presentan en el metal de soldar.

### b) Equipo de Soldar.

Las especificaciones de estos equipos están detalladas en el Código API 1104 donde son descritos a continuación.

- Deben ser tamaño y tipo apropiados para el desarrollo del proyecto.
- Deben usarse dentro de los rangos aprobados de voltaje y amperaje recomendados para cada tipo de electrodo.
- La longitud máxima de cable terminal, incluyendo el portaelectrodo, será de 46,2 m.
- La longitud máxima de cable puesta a tierra, será de 15,4 m como máximo.
- Todos los cables serán de una pieza continua, no se permitirá más conexiones que las extremas y la necesaria entre el cable terminal y el cable del portaelectrodo.
- El cable del portaelectrodo no será mayor de 3 m y de calibre correspondiente.



- Las conexiones puestas a tierra se diseñarán y aplicarán de modo de evitar cualquier "arco" entre el cable terminal de tierra y el tubo o elemento por soldar. Durante el progreso de la soldadura se usarán grampas de tornillo u otros medios mecánicos de contacto a tierra.

### **c) Los Electrodo.**

- Los electrodos deberán cumplir con las especificaciones de "American Welding Society" (AWS) y la "American Society for Testing Materials (ASTM)."
- Los electrodos deberán ser almacenados en su empaque original sin abrir.
- Los electrodos revestidos con fundente deberán ser almacenados y protegidos para evitar pérdida o absorción de humedad.
- La manipulación de los electrodos revestidos debe hacerse con sumo cuidado para evitar daño mecánico o físico al revestimiento.
- Los electrodos que vienen con empaque abierto deberán evitar cambios bruscos de humedad.
- Los electrodos que muestren fallos de fabricación deberán ser rechazados.

### **d) Examen y calificación de soldadores.**

Es la práctica habitual, y así lo exigen tanto el Código API 1104 como las especificaciones de Usuarios e Ingenierías, calificar a los soldadores que van a desarrollar este trabajo. Los requerimientos exigidos en la calificación de los soldadores se encuentran en este código el cual se detalla de la siguiente manera:

- Se debe dar el tiempo suficiente para que el soldador calibre y haga sus ajustes necesarios a la máquina de soldar.
- Número de pruebas al soldador: Mínimo 2 ó 3 pruebas.
- Número máximo de pruebas: 12 pruebas.
- La calificación de las pruebas se hará con Rayos X.





## GASODUCTO PERÚ CENTRO



- La soldadura de prueba será en tubo igual al que se usará en el gasoducto, con electrodos iguales a los que se utilizarán en la construcción del gasoducto.
- En la prueba el soldador utilizará la técnica, soldadura, velocidad, corriente que también usará en la construcción del gasoducto.
- El número de muestras a contar será de acuerdo con la siguiente tabla (Ver Tabla 17):

Diámetro exterior del tubo (")	Cantidad total de muestras.	Número de pruebas de Tensión.	Número de pruebas de rotura de muesca.	Número de pruebas de doblaje de raíz.	Número de doblaje de cara.
½ " o menos	4	2	2	-	-
3/8 " a 12 ¾" inclusive	6	2	2	1	1
Más de 12 ¾"	12	4	4	2	2

**Tabla 17. Tabla de muestras.**

- Las muestras deberán tomarse de, o adyacentes a, la parte superior, laterales y parte inferior de la soldadura y deberán espaciarse aproximadamente equidistantes alrededor del tubo.
- Las pruebas de tensión deberán ser de aproximadamente 1" de ancho.
- Los refuerzos de la soldadura, tanto en la cara como en la raíz de la soldadura, no deberán removerse.
- Las muestras se podrán cortar con penetración de llama y no será necesario ninguna otra preparación adicional a máquina, siempre que los laterales estén paralelos y libres de mellas o desigualdades que pudieran afectar de manera adversa los resultados de la prueba.
- Se deberán enfriar las muestras a temperatura ambiente, antes de efectuar la prueba.
- Si dos o más de las muestras se rompen en la soldadura, o en la unión de la soldadura con el metal matriz, será causa para suspender al soldador.



- Las muestras de prueba de rotura de muesca (tipo tapón) podrán cortarse mediante penetración con llama, no necesitándose ninguna otra preparación.
- Las muestras deberán cortarse con segueta (sierra) a ambos bordes de la mismas, al centro de la soldadura, para originar un fallo en el metal de soldar y deberán romperse tirando de ello con una máquina apropiada de prueba, sujetando los extremos y golpeando el centro de la muestra con un martillo pesado o sujetando uno de las extremos en una prensa y golpeando la otra con golpes cortos de martillo. El área expuesta de la fractura deberá tener un ancho mínimo de 1".
- El ensayo de rotura de muesca deberá mostrar penetración completa y fusión a través de todo el espesor de la muestra de soldadura.
- La superficie expuesta no deberá mostrar más de 6 bolsas de gas por pulgada cuadrada, no debiendo exceder la dimensión mayor de 1/16".
- Las inclusiones de escoria no deberán ser superiores a 1/32" en profundidad ó 1/8" de ancho y deberán estar separadas por lo menos, con ½ pulgada de metal sólido de soldar. Si la segunda muestra también presentase defectos que exceden estas limitaciones se deberá suspender al soldador.
- Si una de las muestras cortadas de un tubo de 4½" de diámetro exterior y de diámetros menores llegase a tener un fallo durante la prueba, se podrá cortar y probar una muestra alternativa. Si la muestra alternativa también presentará fallos, se deberá suspender al soldador.
- Todas las muestras de ensayo de curvatura, deben ser probadas en un aparato especial para pruebas de curvatura guiada. Cada muestra deberá ser colocada sobre la sección hembra el aparato con la soldadura en la abertura del medio. La muestra del doblaje de la cara deberá ser colocada con la cara donde está la soldadura dirigida hacia la abertura. Las muestras de doblaje de raíz deberán ser colocadas con la raíz de la soldadura dirigida hacia la abertura. La sección macho del aparato deberá ser forzada entre abertura, hasta que la curvatura de la muestra sea de aproximadamente 180°.



- En un ensayo de doblaje se considera aceptable fisuras o defectos menores de 1/8" en cualquier dirección. Fisuras a lo largo de los bordes de la muestra durante la prueba, que sean menores de 1/4". Menos de 6 bolsas de aire y que no excedan 1/16" de diámetro cada una. Escorias menores de 1/32".

### e) Soldadura de línea.

Se deberán realizar en el siguiente orden:

- ✓ Limpieza de los chaflanes y zonas adyacentes mediante cepillo rotatorio, con objeto de eliminar óxido en las zonas a soldar.
- ✓ Limpieza mediante esmeriladora, de las zonas de chaflán en las que haya restos de pintura, alquitrán o cualquier materia que no haya sido eliminada mediante cepillo rotatorio.
- ✓ Precalentamiento, en caso de ser requerido, de los bordes a soldar a la temperatura fijada en la homologación del procedimiento.
- ✓ Izado del tubo mediante *side-boom* para su acoplamiento.
- ✓ Acoplamiento mediante acoplador interno neumático para obtener la alineación correcta y separación de los bordes mediante cuñas para conseguirla separación adecuada para una buena ejecución de la primera pasada.
- ✓ Realización de la primera pasada. La primera pasada se realiza mediante soldadores que empiezan en cuadrantes opuestos, con el objeto de que las contracciones de la soldadura sean simétricas, y por tanto la disminución de la separación de bordes debida a la contracción de la soldadura, sea homogénea y las tensiones estén simétricamente repartidas y evitando posibles cambios de dirección en la línea.

En esta primera pasada no se suele esmerilar los cráteres finales.

- ✓ Quitar el *side-boom* que sujetaba el tubo dejando apoyar éste sobre la tacada. Esta operación se realiza cuando la primera pasada está terminada a un 80 % o 90 % y debe ser realizada sin movimientos bruscos que podrían ocasionar la aparición de fisuras (aunque sea deseable retirar el *side-boom* cuando estuviera terminada la primera pasada).
- ✓ Retirar el acoplador interno. Esta operación debe realizarse cuando la primera pasada ha sido completamente terminada y debe realizarse sin movimientos bruscos que podrían aparecer fisuras.



- ✓ Esmerilada de la primera pasada mediante radial a metal blanco.
- ✓ Soldadura en la segunda pasada mediante electrodo celulósico de 5 mm. El diámetro del electrodo celulósico está en función del diámetro y espesor del tubo por lo que los diámetros que aquí se indican son solo orientativos. Esta soldadura debe realizarse de tal modo que no haya transcurrido en ningún caso un tiempo mayor a 5 min, entre la terminación de la primera pasada y el comienzo de la segunda.
- ✓ Esmerilado de la segunda pasada mediante cepillos rotatorios mecanizados.
- ✓ Realización de las pasadas de relleno y su limpieza correspondiente. El número de pasadas a realizar dependerá del espesor del tubo.

Con todo lo anteriormente descrito se mejorará el rendimiento de todos los equipos y sobre todo al no originarse interferencias ni retrasos la calidad de la soldadura puede ser mejor y uniforme.

### **f) Soldadura en tramos.**

Se realizará en los cruces especiales como carreteras, ríos, lugares inaccesibles para izado por *side-boom* etc. Llegado a uno de estos puntos es práctica habitual saltarse estos cruces especiales para no detener la soldadura en línea y mantener el rendimiento.

La soldadura en estos puntos estará a cargo de un equipo llamado "*equipo de puntos especiales*" donde el rendimiento en estos puntos no es tan determinante como la soldadura en línea. Esta soldadura se podrá ejecutar fuera o dentro de la zanja, pero en cualquier caso de deberán usar acopladores externos para lograr una buena alineación de bordes así como una adecuada separación entre ellos, lo que se logra con ayuda de la cuñas que corregirán los desniveles.

Una vez acoplado el tubo con las menores desnivelaciones posibles y con una adecuada separación, se procede a precalentar, este precalentamiento se realiza dirigiendo la antorcha de propano a las partes del tubo que deja accesibles el acoplador hasta que la superficie del tubo alcance una temperatura de 90 °C y 100 °C. Esta temperatura de precalentamiento ha de estar determinada en la "*homologación del procedimiento de soldadura de puntos especiales*", la cual no ha de sobrepasar ya que de ellos podría dar origen a estructuras de temple en el acero al tubo.



Una vez precalentado se procede a soldar efectuando la primera pasada, soldando así los huecos que deja el acoplador intentando lograr simetría entre las posiciones. Una vez realizado aproximadamente el 70% se retira el acoplador y se completa la primera pasada.

Una vez terminada la primera pasada se esmerila con radial y se depositan las pasadas siguientes con la misma técnica operatoria que emplea la soldadura en línea.

### g) Soldadura defectuosa.

La soldadura será considerada defectuosa cuando presente alguna de los siguientes fallos.

#### - Falta de penetración:

- ✓ Cuando ésta sea mayor de una pulgada.
- ✓ Cuando en una soldadura de largos de 12", la suma de estas exceda de 1".
- ✓ Cuando haya menos de 6" entre defectos individuales.

#### - Quemaduras:

- ✓ Si tiene una quemadura individual mayor de ½ ".
- ✓ Si en cualquier cordón de largo de 12", la suma de las longitudes de estas quemaduras es mayor de 1".
- ✓ Cuando haya menos de 6" entre defectos individuales.
- ✓ Si la quemadura reduce el espesor de la soldadura a menos del espesor de la pared del tubo.

#### - Línea de Escoria:

- ✓ Si ésta es mayor de 2" de longitud.
- ✓ Si es mayor de 1/16" de ancho.
- ✓ Si en cualquier soldadura en largos de 12", la suma de las líneas de escoria es mayor de 2".
- ✓ Cuando haya menos de 6" entre defectos individuales.
- ✓ En el caso de líneas de escoria paralelas entre sí, deberán considerarse éstas como defectos individuales, si el ancho de una de ellas es mayor de 1/32".

#### - Inclusiones individuales de escoria:

- ✓ Si la inclusión de escoria es 1/8" de ancho.
- ✓ Si la suma de inclusiones de escoria, en cualquier soldadura de largos de 12", es mayor ½", o hay más de 4 inclusiones de escoria con un ancho máximo de 1/8" en dicha soldadura.
- ✓ Si la longitud total de la inclusiones de escoria en una soldadura de 24" de longitud, excede de 1".
- ✓ Si las inclusiones de escoria aisladas adyacentes no están separadas cuando menos por 2" de metal de soldadura sana.



- **Rotura:**
  - ✓ Si contiene cualquier rotura
- **Socavado exterior:**
  - ✓ Si el socavado es mayor de 1/32 " de profundidad y/o 2" de longitud.
- **Porosidad o Bolsa de gas:**
  - ✓ Si la dimensión de la burbuja de gas individual excede de 1/16".
- **Recubrimiento cóncavo:**
  - ✓ Si su profundidad excede de 1/32".
- **Altibajo:**
  - ✓ Si su desalineamiento excede de 1/16".

#### En general:

- ✓ Si en cualquier soldadura en longitudes de 12", la suma de las longitudes de todos los defectos es mayor de 2".
- ✓ Si la suma de las longitudes de todos los defectos es mayor del 10 % de la longitud total de la soldadura.

#### h) Soldadura de reparaciones.

Los defectos producidos en las soldaduras, detectados por inspección visual o radiográfica indican defectos en la soldadura. Estos tendrán que ser eliminados y por consiguiente reparados. El procedimiento más habitual según el Código API 1104 para las reparaciones es:

- ✓ El tubo será cortado mediante una máquina biseladora, a una distancia de 0,75 m a cada lado de la soldadura, y la junta se hará de nuevo.
- ✓ Para unir la tubería en el lugar en que se haya cortado un anillo de muestra, será necesario utilizar una grampa exterior para alinear el tubo, teniendo especial cuidado en asegurarse que el alineamiento sea perfecto.
- ✓ Las grapas exteriores serán de un diseño tal que permitan la colocación del cordón primario en forma ininterrumpida en toda la circunferencia del tubo. De ninguna manera se permitirá el uso de puntos de soldadura separados entre sí.

#### i) Inspección de soldadura.

La labor del inspector deberá tener conocimiento de la soldadura y de todos los códigos, normas y especificaciones aplicables a la soldadura de la línea objeto de la supervisión.

Después de las inspecciones de cada pasada de soldadura con sus



respectivos procedimientos se hace la inspección radiográfica que se detalla de la siguiente manera:

- Se utilizarán máquinas de Rayos X, Radio o radioisótopos.
- Los penetrómetros que se utilizarán de fabricación bajo el código ASME.
- La distancia entre la fuente de radiación y la película, no deberá ser menor de 10 veces la distancia entre la superficie a soldar y la superficie de la película.
- Deberán usarse pantallas de plomo para filtro cuando el voltaje sea equivalente a más de 150 kV. El Espesor de la pantalla de plomo estará expresado en la siguiente tabla (Ver Tabla 18):

Fuente	kV	Espesor del Plomo (")
Rayos X	150 y más	0,005
Iridio	192 a 600	0,005
Cobalto 60	1 200	0,020
Radio	800 a 2 300	0,005 a 0,010

**Tabla 18. Espesores de Pantallas de Plomo.**

- En toda exposición, el soporte de la película deberá estar respaldado por una lámina de plomo de 1/16 " cuando se utilice radiación generada de 110 kV menos, y por lámina de plomo de 1/8 " cuando se utilice radiación de Rayos X ó Gamma generada a voltajes mayores de 110 kV.
- Las películas deben almacenarse en un lugar limpio y seco en el cual estén libres de: vapores químicos, gas de iluminación industrial, radiación de rayos X o Gamma, calor excesivo, alta temperatura y presión inadecuada.



- Las radiografías deben estar libres de todo defecto originado por curvatura, suciedad, pantallas defectuosas, marcas estáticas, filtración de luz y manipulación.
- Los reveladores comerciales, líquidos comerciales, o agentes químicos secos, deberán mezclarse, mantenerse con la fuerza apropiada, utilizándolos o descartándolos de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.
- Deberá usarse un baño de detención entre el revelador y el fijador.
- Cuando el tiempo de fijación exceda de cinco minutos deberá descartarse la solución.
- Todas las películas deberán lavarse en agua normal con cambios de dos minutos, equivalentes a cinco cambios completos de agua fresca. La temperatura del agua no deberá exceder los 32,2 °C ó 90 °F, y deberá ser enfriada a esa temperatura cuando sea necesario.

#### **7.4.7. REVESTIMIENTO DE LAS JUNTAS DE SOLDADURA.**

En este momento se trata de reparar los daños producidos por la manipulación de los tubos durante la soldadura. Las juntas se revisten con manguitos o bandas termorretráctiles de polietileno que se adhieren a la tubería por calor. El espesor de los revestimientos deberá estar entre 2 mm y 2,5 mm.

La calidad del revestimiento se controla mediante un anillo detector de alto voltaje antes de proceder a la puesta en zanja. Se admite como valor 10 000 V por cada mm de espesor.

En determinados tramos o puntos especiales se efectúa un revestimiento doble o reforzado. El doble tendrá un espesor total de 5 mm y el reforzado 3,5 mm.

Para condiciones extremas de clima y temperatura, existen productos específicos que tienen en cuenta el tipo de adhesivo (mastic o semicristalinos), y la densidad de polietileno de la lámina soporte.





## **7.5. TENDIDO DEL GASODUCTO.**

### **7.5.1. PUESTA EN ZANJA.**

La puesta en zanja se deberá hacer inmediatamente después del revestimiento de las juntas.

La tubería se deposita sobre almohadillas de sacos o sobre un lecho de material adecuado, con un espesor mínimo de 20 cm. Antes del vertido de este lecho, la zanja tendrá que estar provista de piedras o fragmentos duros que se hayan depositado durante la excavación. Si el fondo no ofreciese garantías de estabilidad se deberá realizar el saneamiento y compactación que sean necesarios.

Antes del tendido de la tubería dentro de la zanja se verificará el correcto aislamiento de la misma utilizando el detector, comprobando su correcto funcionamiento.

Deberá de participar el número mínimo de tractores grúa para que no se provoquen tensiones en el tubo. Al usar la conducción de cable de telemando conviene tenderlo inmediatamente después de la tubería. Las bobinas de cable tienen una longitud de 915 m y se señalarán y croquizarán perfectamente los empalmes.

Es muy importante evitar que penetre agua en las bobinas, por lo que los extremos deberán estar perfectamente sellados.

### **7.5.2. RELLENO Y RESTITUCIÓN.**

Se tienen que distinguir dos fases de relleno.

La primera consiste en rellenar los primeros 20 cm por encima de la conducción con un material seleccionado, cribado o de aportación (este último en los casos de zanja en roca), conviene hacerlo lo más pronto posible después del tendido de conducción y cable telemando y no más de 1 000 m después de puestos ambos en la zanja. En esta primera fase no se debe dejar la conducción de un día para otro sin el recubrimiento.

El segundo relleno no tendrá porque tener un material seleccionado (excluyendo desechos, basura). No debe de realizarse más tarde de 48 horas después de puestos tubo y cable en zanja. En esta segunda fase el relleno se tendrá que incluir un elemento de señalización, que puede ser una banda de polivinilo.



En el enrase del relleno hay que dejar un colmo sobre la superficie del terreno para su posterior asentamiento. No se debe compactar este colmo con máquinas pues éstas no han de pisar la vertical de la conducción.

Finalmente hay que efectuar la restitución el terreno a sus condiciones originales. Al realizar la restitución se realizará la señalización de la tubería mediante hitos. El color debe destacar sobre el terreno circundante, amarillo en general y naranja rojizo en zonas de cereal.

Igualmente se colocan en esta fase tomas de potencial y se trabaja en los empalmes de cable y medidas de telecontrol.

Mención especial dentro de la fase de relleno y tapado de la zanja merece las protecciones enterradas a instalar sobre la tubería. Las más habituales son:

- ***Caballetes de lastrado***, para evitar flotación de la tubería en terrenos inundables o de nivel freático elevado. Se instalarán en el mismo instante de la puesta en zanja, una vez se ha colocado la tubería en el fondo de ésta, cuidando interponer una capa de revestimiento antirroca entre el caballete de hormigón y el polietileno de la tubería.
- ***Losas prefabricadas de hormigón armado, en cruces de caminos***. Se instalarán a unos 0,5 m de profundidad y sirven para evitar cargas inadecuadas sobre la tubería por el paso de vehículos.
- ***Antiguías de retención de tierras***. Evitan el arrastre de tierras en zonas en pendientes. Son de sacos de yute rellenos de tierra y eventualmente de arena-cemento. Deberá dejar pasar el agua, por lo que conviene dejar mechinales en sus puntos bajos. Son obligatorias en pendientes superiores al 20% y se colocan cada 15 m y 30 m en función de la pendiente.

## 7.6. PASOS ESPECIALES.

### 7.6.1. CRUCE EN CAMINOS Y CARRETERAS.

Para el cruce de caminos se deberá hacer las zanjas de ancho que permita trabajar holgadamente y sin interrupciones para lograr una interrupción de tiempo mínimo en el cruce con caminos. Se colocarán todos los avisos necesarios para que los vehículos esperen o circulen lentamente.

En el caso de las carreteras de deberá perforarse en forma horizontal y colocar un tubo de protección siendo éste 4" más del diámetro de la conducción, el espacio anular será sellado en los dos extremos.



Los agujeros de la tubería de protección en los puntos donde se instalen los tubos de ventilación, así como la soldadura de los mismos se deberán hacer antes de introducir el tubo de la conducción.

El trabajo se ejecutará después de haber notificado a las autoridades con el tiempo mínimo de 1 semana. Si las autoridades autorizan el uso de zanja en carretera, al enterrar nuevamente se colocarán capas de 15 cm debidamente humedecidas antes de la reconstrucción de la carretera, (aplanado de la superficie.)

Si la excavación de la zanja afectara ductos de drenaje estas serán reparadas.

Será necesario gestionar ante las autoridades de tráfico, el permiso correspondiente con la debida antelación.

Si el trabajo no fuese concluido por el día, será necesario dejar señales luminosas para evitar accidentes durante la noche. De ser necesario, se solicitará apoyo a la Policía de la localidad correspondiente.

En los casos de voladuras de cerros o rocas, se deberán tomar las acciones necesarias para evitar que las rocas estropeen el paso en los caminos o carreteras.

### **7.6.2. CRUCE DE TIERRAS CON REGADÍO.**

Se hará la zanja a una distancia mínima de 15 m de toda tubería de regadío. En algunos casos los propietarios indican la distancia mínima de acuerdo con la consistencia del terreno.

Se usarán banderas de color amarillo intenso para señalar trabajos de reparación.

Si el sistema de regadío quedara afectado por el trabajo, la legislación vigente y las normas de medio ambiente ampararán al propietario para exigir la reparación total.

Se deberá programar los trabajos para no interrumpir las horas de riego.

Se coordinarán con el Ministerio de Agricultura, cuando se afecte a campos con regadío asistidos por el Estado.

Si el trabajo no fuese concluido en el día, será necesario dejar señales luminosas para evitar accidentes durante la noche.



En los casos de voladuras de cerros o rocas, se deberán tomar las acciones necesarias para evitar que las rocas estropeen las tuberías de riego o campos de cultivo.

### **7.6.3. CRUCE DE TIERRAS CULTIVADAS.**

La capa de tierra cultivada será retirada cuidadosamente garantizando que volverá a su estado inicial después del trabajo.

La capa de tierra que debe quedar encima del tubo en ningún caso será menor a 1 m.

Se deberá programar la construcción del tramo de gasoducto que atravesará el campo cultivado, para después de cosecha.

### **7.6.4. CRUCE CON CORRIENTES DE AGUA.**

Para cruzar corrientes de agua, riachuelos, ríos, etc., por lugares donde no haya puentes o estructuras utilizables para el caso, el cruce se hará tendiendo la tubería bajo el cauce de la corriente, enterrándola a una profundidad no menor de 3,0 m por debajo del nivel del lecho más bajo que haya tenido el río en toda su historia, lo que garantizará que la tubería quede fuera de la posible erosión del fondo del cauce, y de 0,75 m por debajo del fondo rocoso en casos de afloramientos de este material.

En todo cruce de corrientes de agua la Compañía constructora deberá escollar las márgenes con piedra u otro material apropiado a profundidad y anchura suficientes para proteger de manera apropiada las márgenes y evitar futuras erosiones.

El enterrado de la zanja debe empezar con 20 cm de tierra y luego 1,2 m piedra picada compactada firme hasta lograr una superficie dura y pareja con la elevación original del lecho de la corriente.

Es recomendable utilizar tubería revestida de concreto para estos cruces.

A ambos laterales de la corriente y a suficiente distancia del máximo cauce deberán colocarse válvulas de compuerta de operación manual o automática para aislar el tramo en caso necesario.

En los 4 tipos de cruces, cuando se finalicen los trabajos, deberán instalarse carteles indicando las características principales para evitar accidentes.



### 7.6.5. ZONAS ESPECIALES.

Ciertas zonas, además de los cruces, se realizan con independencia del resto de la línea. Las más frecuentes son:

- **Zonas cuya pendiente no permite el uso habitual de la maquinaria sobre orugas.**

Se trata de pendientes de más del 50% y en ellas debe recurrirse a utilizar la maquinaria sujeta por cables a macizos de anclaje, utilización de teleféricos para movimiento de tubos o bien deslizamiento de éstos sobre sacos, diábolos, etc. En estos casos los rendimientos son muy bajos y los equipos son totalmente independientes de la línea. La tubería se protegerá con antirroca, rollos de tablas de madera y en la zanja se dispondrán ataguías y lechos de sacos en gran número.

- **Zonas inundadas y pantanosas.**

Pueden realizarse con la línea, aunque no siempre es posible en función de la naturaleza del terreno. En cualquier caso es preciso asegurar la capacidad portante de la pista de trabajo mediante su mejora con capas de material adecuado, (0,5 m de zahorra que es un material granulado por áridos no triturados suele ser suficiente) para evitar que la maquinaria se hunda.

La zanja deberá ser mucho más ancha que la normal debido al derrumbamiento de sus paredes por lo que suele realizarse directamente con paredes en talud. La presencia de agua en zanja es permanente y de muy difícil agotamiento por lo que el trabajo se realiza en su presencia. Como es lógico son imprescindibles los caballetes de lastrado.

En general y debido a estas dificultades los rendimientos son bajos.

- **Zona en media ladera.**

Debido a la inestabilidad de las laderas se procura evitarlas. No obstante cuando es imprescindible la instalación de la tubería en estas zonas, se tomarán precauciones específicas:

- ✓ Estudios geológicos para asegurar la estabilidad.
- ✓ se abre la pista en la ladera y se instala la tubería en la parte interior de la misma.
- ✓ Se restituye instalando longitudinalmente protecciones de gaviones para asegurar la estabilidad del terreno.



## **7.6.6. ESTRUCTURAS BAJO TIERRA.**

La compañía constructora del gasoducto deberá informarse de la existencia de tuberías, cables, conductos que atraviesan la zona donde se instalará el gasoducto.

El gasoducto deberá pasar por debajo de todas las otras tuberías, cables, construcciones metálicas a una distancia mínima de 30 cm por debajo del último ducto.

Sólo en el caso de existir ductos fuera de servicio, se podrán retirar, cortando el tramo necesario, con la debida autorización del propietario.

Si los costos de recuperación no fueron considerados en la cotización, éstos serán tratados de mutuo acuerdo entre la Constructora y la Principal.

El material recuperado se transportará a los rellenos sanitarios correspondientes.

## **7.7. PROTECCIÓN CATÓDICA.**

La finalidad y el objeto que presenta esta instalación a lo largo de la construcción y a la finalización de la misma es proteger a la conducción de la corrosión, el estudio completo del dimensionado de las 7 estaciones de protección catódica (EPC) del gasoducto Perú Centro están detallados en el Anexo 5. En la construcción de la conducción se usarán los dos métodos de protección: inicialmente se protegerá durante su construcción por medio de protección por ánodos de sacrificio y posteriormente finalizada la construcción se instalará el segundo método por medio de la protección por corriente impresa.

### **7.7.1. PROTECCIÓN CATÓDICA POR ÁNODOS DE SACRIFICIO.**

Este método se usará desde el inicio de la construcción de la conducción, consistiendo en la creación de una pila en la que el cátodo es la tubería a proteger y el ánodo será el Magnesio ya que es más electronegativo que el acero.

Esta protección estará en continuo mantenimiento de supervisión ya que dejará de proteger a la tubería cuando el ánodo se haya consumido.

### **7.7.2. PROTECCIÓN CATÓDICA POR CORRIENTE IMPRESA.**

Este método será usado una vez finalizada la construcción de la conducción consistiendo en inyectar corriente continua a la estructura de la



conducción conectando el polo positivo a un lecho dispersor (ánodo) y su polo negativo a la tubería (cátodo).

La corriente que sale del polo positivo del generador de corriente continua pasa por el medio (electrolito) a través de la cual retorna hacia el polo negativo de dicho generador cerrándose así el circuito eléctrico.

### **7.7.3. INSTALACIONES DE CAJAS PARA MEDIDA Y PUNTEO.**

Estas instalaciones tienen por objeto el mantenimiento de la conducción y para ello es preciso prever en la fase de instalación, la construcción de cajas a lo largo del gasoducto que permiten la realización posterior de medidas de potencial de la estructura.

Estas instalaciones serán las tomas de potencial que se instalarán a lo largo del gasoducto a una distancia de 1 km en las zonas que no prevean problemas y cada 0,5 km en aquellas otras en las sí, como el caso de líneas férreas.

Para las cajas de toma de potencial en cruces con vainas de protección se conectará un cable al gasoducto y otro a la vaina de protección, de forma que se pueda comprobar el aislamiento entre ambos.

Es práctica habitual, que una vez finalizada la conducción se realicen registros de potencial, con el fin de editar un informe de protección catódica.

### **7.8. PRUEBA HIDRÁULICA, PURGADO Y SECADO.**

Esta prueba hidráulica se hará en los cruces especiales más importantes y las posiciones de válvulas de seccionamiento y derivación con anterioridad e independiente al resto de la línea.

Los medios de prueba serán:

- ✓ Bombas de llenado y presión.
- ✓ Balanza de llenado y presión.
- ✓ Balanza de prueba para medida de presiones, con presión de 0,01 kg/cm<sup>2</sup>. Se exigirá un certificado con 6 meses de antigüedad máxima.
- ✓ Termómetros de precisión en número variable entre 3 y 8 unidades. Precisión 0,1 °C.
- ✓ Depósito regulador de llenado.
- ✓ Contadores de volumen.



El objeto de esta prueba a alta presión es una prueba de resistencia y estanquidad de la conducción. Se realiza sobre el tubo ya enterrado en la zanja y por tramos que no superen una determinada longitud (30 km), o un determinado volumen (3 000 m<sup>3</sup>). Será conveniente haber restituido las tierras en los terrenos antes de la prueba.

El gasoducto Perú Centro ensayará esta prueba según la tabla (Ver Tabla 19) de emplazamiento de construcción:

Categoría de Emplazamiento	Presión de prueba mínima.	Presión de prueba máxima.
1	1,10 PmS.	P.p.f.
2	1,25 PmS.	P.p.f.
3	1,50 PmS.	P.p.f.
4	1,50 PmS.	P.p.f.

**Tabla 19. Ensayos de prueba Hidráulica**

Nota:

- ✓ PmS. Presión mínima de servicio.
- ✓ P.p.f. Presión de prueba en fábrica.

Donde la presión mínima corresponderá al punto más alto del tramo de la conducción a someter a prueba. En cambio, como presión máxima se tomará de la que conduce en el punto más bajo del perfil, en una tensión igual al 95% del valor del límite elástico.

## 7.8.1. DESARROLLO DE LA PRUEBA.

El llenado de se realizará por un tren de rascadores impulsados por agua. Luego se podrá distinguir 4 fases:

### a) Estabilización térmica.

Entre la tubería llena y el ambiente. Tardará 24 h, en las que hay que hacer sucesivas tomas de temperatura.

### b) Presurización.

Para alcanzar la presión de prueba. Se hará por escalones, comprobando en cada escalón que la cantidad de agua introducida corresponde a la teórica para asegurar la ausencia del aire.





**c) Prueba de resistencia.**

Se iniciará una vez alcanzada la presión máxima de resistencia y su duración será de 6 h. La prueba será aceptable si el descenso de la presión es menor que unos valores prefijados. Durante las 6 h la tubería se dilata adaptándose a la presión interior.

**d) Estanquidad.**

Se realizará inmediatamente después de la prueba de resistencia una vez estabilizada la presión de prueba, la duración de esta fase es de 24 h, la presión deberá variar si varía la temperatura.

Terminada la prueba se inicia el vaciado por gravedad y luego por trenes de pistones impulsados por aire comprimido, luego se hace pasar un pistón con disco ajustado al diámetro interior de la tubería al 95% al tramo y finalmente a toda la conducción asegurándose la ausencia de agua para su puesta en gas.

## 7.9. POSICIONES DE VÁLVULAS.

En el apartado de la Descripción de las Instalaciones se ha definido la distancia en función a la categoría de emplazamiento de construcción se sitúan las posiciones de las válvulas de seccionamiento y derivación.

En estas posiciones se concentran el mayor porcentaje de los elementos auxiliares del gasoducto como son:

- Telemando de válvulas en posición y con derivación.
- Estaciones de Protección Catódica.
- Cromatógrafo de análisis químico de composición del gas.
- Odorizador en la cabecera de la conducción.
- Trampas de rascadores que se instalarán en los extremos de tramos de gasoductos cada 100 km, cuya función es de permitir la limpieza, secado y calibración de cada tramo mediante pistones y rascadores.

Estas instalaciones tendrán que estar finalizadas antes de la construcción de la misma.

Todas estas instalaciones se dividen generalmente en:

- ✓ Obra civil.
- ✓ Obra mecánica.
- ✓ Instrumentación y electricidad.



## **7.10. LIMPIEZA, SECADO Y CALIBRACIÓN DE LA CONDUCCIÓN.**

### **7.10.1. LIMPIEZA DE LA CONDUCCIÓN.**

La conducción será sometida a dos procesos diferentes de limpieza. Un primer proceso realizado al final de las pruebas hidráulicas de cada tramo, vaciando la conducción del agua, mediante el paso de los pistones tipo foam (esponja). Se trata de un secado mecánico. Los pistones son propulsados por aire comprimido a presiones de 0,5 bar a 2,0 bar.

Se da por aceptado este proceso mecánico cuando el pistón sale prácticamente seco.

La segunda limpieza se realiza una vez unida toda la conducción entre trampas de rascadores, es decir una vez finalizada la obra mecánica. Es una limpieza química, vehiculando por el interior de la conducción una solución de ácido cítrico diluido al 0,01 % que además contiene inhibidor de corrosión y antioxidante. Esta solución líquida se transporta empaquetada entre pistones de discos sellantes rectos empujados por aire comprimido.

### **7.10.2. SECADO DE LA CONDUCCIÓN.**

Una vez finalizada la limpieza química de la conducción y el paso de pistón magnético para la eliminación de proyecciones de soldadura se procede al secado definitivo de la conducción, mediante aire seco, de acuerdo con la especificación respectiva.

En este momento también se elimina la humedad de las líneas en las posiciones del gasoducto, procedente de los restos de agua que pudiera haber quedado después de la eliminación del agua de sus pruebas hidráulicas.

Alternativamente, podrá secarse utilizando metanol que se hará fluir por el interior de la línea y se recogerá al final del tramo.

### **7.10.3. CALIBRACIÓN DE LA CONDUCCIÓN.**

Se calibrará toda la conducción mediante el paso de pistones inteligentes (caliper-pig) a realizar por la compañía constructora a la finalización de total de las obras. Se realizará según el procedimiento definido en el pliego de condiciones.



## **7.11. INSTALACIONES AUXILIARES DE ABASTECIMIENTO.**

### **7.11.1. ALMACENAMIENTO DE TUBOS Y MATERIALES.**

El almacenamiento de tubos y materiales (esmeriladoras, soportes, envases de soldadura, diesel para generadores de corriente eléctrica, cadenas, marcadores de soldador, guantes y gafas de seguridad, cables, pinturas, etc.) se hará en lugares seleccionados y apropiados, terrenos nivelados, previendo no ser afectados por derrumbes, lluvias, incursiones de animales, desbordes de ríos.

Estos lugares deberán contar con equipos de comunicación, vigilancia, contra incendio, plano de contingencias.

Estas locaciones deben ser aprobadas por ambas compañías, la constructora, y la principal.

### **7.11.2. ALMACENAMIENTO DE TUBOS.**

Para almacenar los tubos se deberá cumplir con:

Almacenarlos formando estibas, apoyando los extremos y el centro de los tubos sobre bases de madera, evitando contacto con el suelo.

Cada nivel deberá asegurarse contra movimientos laterales utilizando cuñas apropiadas.

- ✓ Máximo de 3 niveles o alturas para tubos de 32" de diámetro.
- ✓ Máximo de 4 capas para tubos de 22" a 26" de diámetro.
- ✓ Máximo de 6 capas para tubos de 18" a 20" de diámetro.
- ✓ Máximo de 8 capas para tubos de 14" a 16" de diámetro.

### **7.11.3. ALMACENAMIENTO DE MATERIALES.**

El almacén de materiales debe estar ubicado en zona segura, ventilada, protegida del sol y de las lluvias.

Contará con medios de comunicación en el campo de trabajo y con responsables de logística y suministro de materiales.

Se asignarán ubicaciones de equipo contra incendio y de las vías de salida de emergencia. También se asignarán vías seguras para evacuar en casos de movimientos sísmicos.



Se deberá nombrar un responsable del inventario diario donde las principales recomendaciones son:

- a) **Pintura de imprimación, esmaltes y solventes:** los envases de estos materiales deben almacenarse con todas las precauciones de los líquidos inflamables porque podrían causar explosiones y mantenerlos cerrados para evitar evaporación, entrada de agua de lluvia y/o contaminación de tierra o basura.
- b) **Cinta de Fibra de vidrio o similares:** se almacenará de manera enrollada y embalada en cajas resistentes.
- c) **Válvulas:** se almacenará tomando precaución de golpear la cara de las bridas, manivelas, vástagos y puntos de lubricación. Evitar que entre tierra en las partes internas.  
  
Se protegerán las caras de las bridas y toda superficie pulida, con la grasa correspondiente para evitar corrosión.
- d) **Empaquetaduras:** se deberán guardarlas en cajas bien protegidas contra la tierra y agua. Se sacarán de embalado cuando ya se vaya a utilizar.
- e) **Bridas:** se almacenará en bases de madera. Se protegerá toda la superficie pulida con la grasa correspondiente.
- f) **Tuercas, espárragos, arandelas:** se almacenará en cajas de madera, protegidas con aceite. Se sacarán de embalado cuando ya se vaya a utilizar.
- g) **Latas de Soldadura:** se almacenará en armarios de madera para que no puedan sufrir golpe alguno.
- h) **Esmeriladoras, cortatubos:** se almacenará en bases de madera con su rotulación de identificación ya sea en estado operativo o en estado de reparación.
- i) **Repuestos de cortatubos y esmeriladoras:** se almacenará en cajas bien precintadas para evitar corrosión, ordenadas en armarios de madera o metálicos.



### **8. RESTITUCIÓN DE TERRENOS.**

La restitución de terrenos se hará de tal forma que todos y cada uno de los terrenos quede en situación similar al estado que tenía antes del inicio de las obras, incluido terrenos, bancales, muros, cercas, riegos, linderos, limpieza de terrenos, etc.

En el caso de la restitución de terrenos en cruce por parques nacionales se hará la replantación de los árboles en caso de que hayan sido talados por el paso de la conducción.



### 9. SEÑALIZACIÓN EXTERIOR.

La señalización exterior se realizará mediante la ubicación en el terreno y sobre la conducción de hitos visibles de la altura conveniente con placas informativas sobre la tubería y la empresa propietaria.

Esta señalización se realizará en los cambios de alineación y en puntos intermedios de tal forma que desde uno sean visibles el anterior y posterior y en los puntos de los cruces especiales de carreteras y corrientes de agua, etc.



### **10.IMPACTO AMBIENTAL.**

Con el objeto de prevenir, evitar o minimizar determinados impactos que las obras producen sobre el entorno, se tomarán en consideración la evaluación de dichos efectos así como las correspondientes medidas correctoras recogidas en el estudio que se hará de Impacto Ambiental, del que un documento de síntesis denominado Estudio de Afección al Medio Ambiente figura como Anexo 8 de la presente memoria.

Así mismo será de obligado cumplimiento todo lo indicado en la Declaración de Impacto Ambiental emitida por el correspondiente Ministerio y que se adjunta en el Pliego de Condiciones.



## 11. ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS.

Para la realización del Proyecto se han llevarán a cabo una serie de trabajos complementarios entre los cuales destacarán:

- ✓ Estudio Topográfico.
- ✓ Estudio Geotécnico.
- ✓ Estudio de Protección Catódica.
- ✓ Estudio de Seguridad y Salud.
- ✓ Estudio de Afección al Medio Ambiente.
- ✓ Estudio de Prospección Arqueológica Superficial.
- ✓ Estudio Sísmico.

En cada estudio en particular deberán destacar los aspectos más importantes como:

### 11.1. ESTUDIO TOPOGRÁFICO.

Los vuelos fotométricos, apoyos, restitución, levantamiento de vértices y posiciones será realizado por una compañía externa que se encargará de estos trabajos.

Los trabajos en qué consistirán son:

- ✓ Realización de vuelos fotométricos a escala 1:20 000 y 1:5 000.
- ✓ Apoyo de los vuelos de campo.
- ✓ Implantación de vértices de campo y determinación de sus coordenadas.
- ✓ Realización de planos parcelarios a escala 1:1 000 por restitución fotogramétrica.
- ✓ Elaboración de planos de Cruces Especiales a Escala 1:500, H 1:500 y V 1:200.
- ✓ Elaboración de planos de planta por restitución fotogramétrica a Escala 1:5 000.

### 11.2. ESTUDIO GEOTÉCNICO.

Este estudio también será realizado por una empresa externa que realizara estrictamente estos trabajos que tendrán la siguiente información:

- ✓ Viabilidad de la traza, desde el punto de vista geotécnico.
- ✓ Excavabilidad de los materiales a lo largo del trazado y su aprovechamiento para el posterior rellenos de la zanja.
- ✓ Condiciones generales de estabilidad de la zanja a lo largo de la traza.
- ✓ Accesibilidad de la maquinaria a lo largo de la pista de trabajo.





- ✓ Características del terreno en los puntos de cruce del gasoducto con vías de comunicación y corrientes de agua, recomendando en cada uno el método de ejecución de paso.
- ✓ Delimitación de zonas problemáticas atravesadas por la traza: laderas inestables, zonas de nivel freático próximo a la superficie, galería mineras en el subsuelo, etc.; y recomendación sobre las medidas a adoptar para la seguridad de la conducción.
- ✓ Características del terreno en el emplazamiento de la Posiciones.
- ✓ Realización de los análisis químicos de las aguas para determinar su agresividad a los hormigones.

Para la consecución de estos objetivos la empresa externa realizará una cartografía geológica a escala 1:5 000 en una franja de 800 m de anchura con el eje en la propia traza del gasoducto, basada en la apertura de calicatas de reconocimiento y la perforación de los sondeos mecánicos en los cruces singulares con corrientes de agua.

### **11.3. ESTUDIO DE PROTECCIÓN CATÓDICA.**

Este estudio también será realizado por una empresa externa que se dedicará objetivamente en ello, en el Anexo 5 se ha hecho un perfil de un Estudio de Protección Catódica que podría resumir como se ejecuta un estudio de estos.

### **11.4. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.**

Es te estudio de Seguridad y Salud macará las directrices básicas, para la fase de construcción, a la futura empresa constructora, a fin de que pueda desarrollar y llevar a cabo las obligaciones de campo de la prevención de riesgos profesionales.

### **11.5. ESTUDIO DE AFECCIÓN AL MEDIO AMBIENTE.**

La empresa constructora tendrá que tener una política de desarrollo de sus actividades siendo respetuosa con el medio ambiente, en general este estudio se efectuará de una forma establecida por la legislación ambiental vigente en el Perú.

Para este proyecto, contemplando específicamente la legislación como afectado por el Procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental se desarrollará un estudio de impacto ambiental en el Anexo 8.

### **11.6. ESTUDIO DE PROSPECCIÓN ARQUEOLÓGICA SUPERFICIAL.**

Los trabajos correspondientes a la Prospección Arqueológica superficial serán realizados por una empresa externa que un anexo correspondiente se deberá desarrollar el perfil de este estudio.



### **11.7. ESTUDIO SÍSMICO.**

Se realizará un Estudio Sísmico con el objeto de estimar los movimientos vibratorios más severos que puedan afectar a la conducción e instalaciones del gasoducto, al poder estar sometidas a los efectos de posibles seísmos.

Este estudio se deberá incluir en un anexo que permitirá caracterizar estos movimientos, de forma que permita un análisis realista del comportamiento de la conducción. Los cálculos contemplarán el caso más desfavorable en la zona donde existe el mayor riesgo de que se produzcan seísmos, según se define en la Norma de construcción sismorresistente del Perú.



## 12. DOCUMENTOS DEL PROYECTO.

El presente proyecto, consta de los siguientes documentos.

Documento Nro. 1 Memoria.

Documento Nro. 2 Anexos.

Documento Nro. 3 Planos.

Documento Nro. 4 Pliego de Condiciones.

Documento Nro. 5 Estudio Económico.



## GASODUCTO PERÚ CENTRO



### 13.PROGRAMA EN EJECUCIÓN.





### **14.PRESUPUESTO.**

El presente presupuesto corresponde a la totalidad de 485 601 138 € en la inversión para el suministro de Gas Natural en la serán afectados los Departamentos de Junín, Pasco Y Huánuco.



# **GASODUCTO PERÚ CENTRO**

## **PROYECTO CONSTRUCTIVO**

### **DOCUMENTO Nro. II: ANEXOS**



## ANEXO 1

### CARACTERÍSTICAS DEL GAS.

#### ÍNDICE

ANEXO 1.....	78
1. Concepto del Gas Natural. ....	79
2. Composición del gas Natural.....	79
3. Clasificación del Gas Natural.....	80

#### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 20. Composición del Gas Natural según su origen. ....	79
-------------------------------------------------------------	----



## 1. CONCEPTO DEL GAS NATURAL.

El Gas natural es el combustible fósil considerado el más limpio, abundante compuesto por hidrocarburos livianos y de mayor rendimiento energético, donde su principal elemento es el Metano  $\text{CH}_4$ . Lo podemos encontrar solo (Yacimientos) o asociados cuando va acompañado con el petróleo. El consumo del Gas Natural se hace tal cual se obtiene de la naturaleza sin sufrir transformaciones químicas.

Luego de extraerlo de las rocas sedimentarias se somete a un proceso de separación donde obtenemos el gas natural Seco (Metano y Etano), Líquidos del Gas Natural (propano, Butano, Pentano y otros) donde además de ello hay otros componentes como agua, azufre e impurezas.

## 2. COMPOSICIÓN DEL GAS NATURAL.

La composición del Gas Natural varía según el origen del yacimiento en este caso el Yacimiento de Camisea Ubicado en la Cuenca Ucayali en Cuzco fue analizado y estudiado por Shell y determinaron la siguiente composición comparada con otros yacimientos. (Ver Tabla 20).

COMPOSICIÓN (%) DEL GAS NATURAL SEGÚN SU ORIGEN										
ORIGEN	$\text{CH}_4$	$\text{C}_2\text{H}_6$	$\text{C}_3\text{H}_8$	$\text{C}_4\text{H}_{10}$	$\text{C}_{+5}$	$\text{N}_2$	$\text{CO}_2$	$\text{O}_2$	$\text{SH}_2$	PCS MJ/m <sup>3</sup> (n)
Lacq (Francia)	69,3	3,1	1,1	0,6	0,7	0,4	9,6		15,2	33,05
Giorgina (Holanda)	81,8	2,8	0,4	0,1	0,1	14	0,8			35,14
Hassi R'Meil (Argelia)	83,5	7	2	0,8	0,4	6,1	0,2			45,14
Venezuela	88,5		2,9			4,6	3,8	0,2	0,3	39,1
Irán	73	21,5							5,5	
Rusia	88/89		2,5		1			7,5		39,8
USA	80,9	6,8	2,7	1,5	0,5	7,9	0,1			42,67
Camisea( Perú)	83,9	8,07	2,95	1,26	2,74	0,98	0,1			37,8

**Tabla 20. Composición del Gas Natural según su origen.**

*Fuente: Informe Anual Sedigas 2005.*





### 3. CLASIFICACIÓN DEL GAS NATURAL.

Esta clasificación estará dada en función del valor del Índice de Wobbe el cual indica la Intercambiabilidad entre gases desde el punto de vista de la aplicación final, para ello aquí en Europa se dividen en tres clases donde el Gas natural pertenece a la Segunda Familia junto al aire propanado cuyo valor va de  $37,1 \text{ MJ/m}^3(\text{n})$  a  $54,7 \text{ MJ/m}^3(\text{n})$ .



## ANEXO 2

### DISEÑO DEL TRAZADO

#### ÍNDICE

ANEXO 2.....	81
1. Diseño de un Gasoducto .....	82
2. Terreno y Trazado. ....	82
3. Geotecnia - Hidrología.....	82
4. Impacto Ambiental.....	83

#### ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 11. Trazado Inicial del Gasoducto Perú Centro .....	84
------------------------------------------------------------	----



## 1. DISEÑO DE UN GASODUCTO

Este proyecto parte de un diseño básico teniendo como datos de partida un origen, puntos intermedios y punto final de suministro. Se debe de saber también el caudal de punta y el diámetro de la tubería para poder establecer Estaciones de Compresión (EC) y Estaciones de Regulación y Medida (ERM).

Origen km 0: Planta de separación de la Reserva de Gas Natural.

Punto de Entrega Intermedio (1) km 275,8:                      Junín.                      PK<sub>276</sub>

Punto de Entrega Intermedio (2) km 419,8:                      Pasco.                      PK<sub>420</sub>

Punto de Entrega Final km 592:                                      Huánuco.                      PK<sub>592</sub>

Todo esto en su conjunto es importante para saber el funcionamiento de sus instalaciones principales y auxiliares y estimar así el coste del proyecto en un perfil global. El terreno es un condicionante esencial en este proyecto ya que se considerará que el gasoducto se adapte a ello siendo este la cimentación o soporte de la tubería de transporte.

## 2. TERRENO Y TRAZADO.

Se fijará la elección de los puntos de origen y final así como también los puntos intermedios de suministro por razones condicionantes como son la topografía, ya que este diseño atravesará la Cordillera de los Andes, y comerciales, porque en estas localidades se encuentran las poblaciones más numerosas del centro del Perú. (Ver Figura 11).

## 3. GEOTECNIA - HIDROLOGÍA.

El trazado inicial considerará evitar terrenos inestables o sísmicos para que no suponga costes elevados al diseñar tramos con protecciones especiales del terreno u otras disposiciones técnicas. Todo esto se define en dos fases:

La fase previa es donde se definirá la excavabilidad de la zanja y taludes de pista y zanja, accesibilidad y cruces de carreteras y ríos. La Segunda fase es la de detalle en donde se diseña las soluciones constructivas de protección en cada



caso, como es el cruce ante un río donde se definirá una protección especial y un enterramiento mínimo de la tubería y del cauce de este mismo.

#### **4. IMPACTO AMBIENTAL.**

Este proyecto tiene la exigencia de cumplir las normas del ámbito ambiental que está definido en la Constitución Política del Perú donde está establecido por diferentes leyes, códigos y reglamentos permitiendo así el uso de los recursos naturales respetando y preservando el medio ambiente.

Con respecto al patrimonio privado se respetara la Ley general de Expropiación que justifica al estado el derecho a la propiedad forzada con una indemnización por compensación por el eventual perjuicio que se podría ocasionar. Los estudios se realizaran sobre la existencia antes de la ejecución del mismo del entorno físico como es la climatología, suelos, fauna, flora, hidrología, cada estudio vendrá definido por medidas correctivas del impacto que pudiese ocasionar, un gasoducto no produce un grave impacto ambiental por ser una conducción enterrada.



## GASODUCTO PERÚ CENTRO



Figura 11. Trazado Inicial del Gasoducto Perú Centro.



## ANEXO 3

### BASES DE PARTIDA Y DIMENSIONADO

#### ÍNDICE

ANEXO 3.....	85
1. Aspectos Técnicos del Proyecto: .....	86
1.1 Bases de Partida: .....	86
1.2 Eleccion del material. ....	88
1.3 Fórmulas utilizadas.....	90
1.4 Método del Cálculo. ....	92
1.5 Proceso del Cálculo. ....	92
1.6 Resultados. ....	92
1.7 Conclusiones.....	92

#### ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 12. Elección del Material. ....	89
----------------------------------------	----

#### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 21. Definición de Puntos de Entrega .....	86
Tabla 22. Caudales en Puntos de Suministro. ....	87
Tabla 23. Precios de Tuberías Grupo ALMASA .....	88
Tabla 24. Resultados de los cálculos Hidráulicos. ....	93
Tabla 25. Espesores de tuberías correspondientes a las categorías de Emplazamiento. .....	93



## 1. ASPECTOS TÉCNICOS DEL PROYECTO:

### 1.1 BASES DE PARTIDA:

#### Fluido a transportar.

El fluido a trasegar será gas natural cuyas características se han definido en el Anexo A.

#### Presiones.

La presión máxima de servicio o de origen será de 80 bar y teniendo en cuenta la relación habitual de las presiones considerando las pérdidas de carga durante el transporte de  $1,6 = (P_{\text{Entrada}} / P_{\text{Salida}})$ , la presión de llegada al Punto de Entrega final es de 50 bar.

#### Puntos kilométricos de entrega.

La siguiente Tabla define los tramos que vienen definidos por los puntos kilométricos de entrega con sus correspondientes distancias entre ellos resultando un total de 592 km.

Tramo	PKi (km)	PKf (km)	L (km)
OJ	0,0	275,8	275,8
JP	275,8	419,8	144,0
PH	419,8	592,0	172,2

Tabla 21. Definición de Puntos de Entrega

#### Temperatura.

La temperatura a usar en los diferentes cálculos está definida de la siguiente manera:

$T_n$ : Temperatura en condiciones normales 273,15 °K.

$T_s$ : Temperatura absoluta de referencia 288,15 °K.

$T_m$ : Temperatura absoluta en condiciones de operación 293,15 °K.

#### Densidad Relativa del Gas.

El valor es la relación de las densidades del gas Metano  $\text{CH}_4$  con la del aire: densidad relativa del gas = densidad del gas metano / densidad del aire, resultando  $(16 \text{ kg / kmol}) / (28,84 \text{ kg / kmol}) = 0,55$ .



## Caudal.

En el estudio del caudal total demandado por el gasoducto con un 90 % de disponibilidad anual corresponde a 3,78 bcm, (*millardos de metros cúbicos anuales*) estableciendo así un caudal normal  $Q_n$  de 480 000 m<sup>3</sup> (n) /h, por lo que así se podrá estimar el caudal según la población para servir a cada punto de entrega:

PK <sub>r</sub> (km)	L (km)	Q Salida m <sup>3</sup> (n)/h	Q Entrega m <sup>3</sup> (n)/h	Provincia
275,8	275,8	480 000,0	254 244,7	Junín
419,8	144,0	225 755,3	55 910,9	Pasco
592,0	172,2	169 844,3	169 844,3	Huánuco

**Tabla 22. Caudales en Puntos de Suministro.**

## Numero de Reynolds (Re).

Para determinar si el flujo del fluido en el transporte es laminar o turbulento se deberá conocer la viscosidad dinámica y cinemática del fluido en relación con el caudal a trasegar y el diámetro interior de la tubería.

$\mu$  = viscosidad dinámica (cp): 0,0011 cp a 15 °C.

$V_0$ = viscosidad cinemática cSt;  $\mu / \gamma$  (densidad del gas (0,000785 grf/cm<sup>3</sup>)

$V_0$  = 14,013 cSt.

Donde  $Re = 15\,396\,279$  fijando el flujo en Turbulento rugoso.

## Factor de fricción.

El cálculo del coeficiente de fricción que estará determinado por el método del Diagrama de Moody en donde su valor permite calcular la pérdida de carga en una tubería debida a la fricción y está en relación al número de Reynolds (Re).

$f$  = coeficiente de fricción = (0,011)





## 1.2 ELECCIÓN DEL MATERIAL.

El material de elección dependerá de la presión máxima de servicio (PMS), el más usado para la construcción de los gasoductos es el API-5L constituido por acero al carbono de alta resistencia y su fabricación debe cumplir la norma americana (API) para evitar fallos de obra. Por lo que la tubería a usar será de categoría X60 semejante a la calidad L415 tal como lo se indican sus características en el siguiente cuadro comercial facilitado por el fabricante. (Ver Tabla 23 y Figura 12).

Para la estimación del diseño económico se deberá conocer el coste de la tubería a emplear en la construcción según su diámetro nominal.

Diámetro (")	Coste €/m
16 "	260,00
18 "	293,00
24 "	390,00
32 "	520,00

**Tabla 23. Precios de Tuberías Grupo ALMASA**



TUBO DE ACERO SOLDADO Y SIN SOLDADURA.  
Según NORMA API 5L/ ISO 3183

Norma	Grado	Composición química %								Propiedades mecánicas		
		C	Mn	P	S	V	Nb	Ti	Limite elastico min.	Resistencia a la tracción min.		
		máx.	máx.	mín.	máx.	máx.	máx.	máx.	máx.	[Mpa]	[Mpa]	
API 5L / ISO 3183	PSL 1	L175 / A25	0,21	0,6	-	0,03	0,03	-	-	-	175	310
		L175P / A25P	0,21	0,6	0,045	0,08	0,03	-	-	-	175	310
		L210 / A	0,22	0,9	-	0,03	0,03	-	-	-	210	335
		L245 / B	0,28	1,2	-	0,03	0,03	a	a	a	245	415
		L290 / X42	0,28	1,3	-	0,03	0,03	a	a	a	290	415
		L320 / X46	0,28	1,4	-	0,03	0,03	a	a	a	320	435
		L360 / X52	0,28	1,4	-	0,03	0,03	a	a	a	360	460
		L390 / X56	0,28	1,4	-	0,03	0,03	a	a	a	390	490
		L415 / X60	0,28e	1,4e	-	0,03	0,03	b	b	b	415	520
		L450 / X65	0,28e	1,4e	-	0,03	0,03	b	b	b	450	535
L485 / X70	0,28e	1,4e	-	0,03	0,03	b	b	b	485	570		

Tubo soldado y sin soldadura ASME B36.10. Dimensiones

Tubo soldado / sin soldadura

Dimensiones según: ASME B36.10  
Calidades de acero según: ASTM A 106 Gr.B / API 5L Gr.B ISO 3183

Peso (kg/m)

Diámetro nominal [pulg.]	Diámetro nominal [mm]	5	10	20	30	STD	40	60	X5	80	100	120	140	160	XKS
14"	355,6	3,96	6,35	7,92	9,53	9,53	11,13	15,09	12,70	19,05	23,83	27,79	31,75	35,71	
		34,34	54,89	67,91	81,33	81,33	94,55	126,72	107,40	158,11	194,98	224,66	253,85	281,72	
16"	406,4	4,19	6,35	7,92	9,53	9,53	12,70	16,66	12,70	21,44	26,19	30,96	36,53	40,49	
		41,56	62,65	77,83	93,27	93,27	123,31	160,13	123,31	203,54	245,57	286,66	333,21	365,38	
18"	457	4,19	6,35	7,92	11,13	9,53	14,27	19,05	12,70	23,83	29,36	34,93	39,67	45,24	
		45,79	70,57	87,71	122,38	106,17	155,81	205,75	138,16	254,57	309,64	363,58	406,29	459,39	
20"	508	4,78	6,35	9,53	12,70	9,53	15,09	20,62	12,70	26,19	32,54	38,10	44,45	50,01	
		58,32	78,56	117,15	155,13	117,15	183,43	247,84	165,13	311,19	381,55	441,52	508,15	564,85	
22"	559	4,78	6,35	9,53	12,70	9,53		22,23	12,70	28,58	34,93	41,28	47,63	53,98	
		65,33	86,55	129,14	171,10	129,14		294,27	171,10	373,85	451,45	527,05	600,67	672,30	
24"	610	5,54	6,35	9,53	14,27	9,53	17,48	24,61	12,70	30,96	38,89	46,02	52,37	59,54	
		82,58	94,53	141,12	209,65	141,12	255,43	355,28	187,07	442,11	547,34	645,07	735,79	808,27	
26"	660		7,92	12,70		9,53									
			121,36	202,74		152,88									
28"	711		7,92	12,70	15,88	9,53									
			137,32	218,71	272,23	164,86									
30"	762		6,35	7,92	12,70	15,88	9,53								
			118,14	143,29	234,62	292,20	176,81								
32"	813		7,92	12,70	15,88	9,53	17,48								
			157,25	250,66	312,17	188,83	342,94								

Figura 12. Elección del Material.

Fuente: Tabla de Catalogo de Aceros. Grupo ALMASA.



## 1.3 FÓRMULAS UTILIZADAS.

### Factor de Compresibilidad.

Se realiza a partir de la presión máxima de servicio PMS de salida del gas.

$$Z = 1 - \frac{P \left[ \frac{kg_{f,a}}{cm^2} \right]}{500} \qquad Z_m = 1 - \frac{P_m \left[ \frac{kg_{f,a}}{cm^2} \right]}{500}$$

### Presión media del fluido.

$$P_m = \frac{2}{3} \cdot \frac{P_1^3 - P_2^3}{P_1^2 - P_2^2}$$

P<sub>m</sub>: Presión media absoluta de transporte.

$$P_1 \text{ y } P_2: \left[ \frac{kg_{f,a}}{cm^2} \right]$$

### Número de Reynolds.

$$Re = 354 \cdot \frac{Q \frac{m^3(s)}{h}}{D \text{ mm} \cdot Vo \text{ cSt}}$$

Vo: Viscosidad cinemática

### Diámetro interior e su primera aproximación y pérdida de carga con la Ecuación de Renouard.

$$D_{[mm]}^5 = 5,42 \cdot 10^3 \cdot \frac{Q^2 \left[ \frac{m^3(s)}{h} \right]}{P_{1, \left[ \frac{kg_{f,a}}{cm^2} \right]}^2 - P_{2, \left[ \frac{kg_{f,a}}{cm^2} \right]}^2} \cdot f \cdot L_{[km]} \cdot d_r \cdot T_{m[K]} \cdot Z$$

D: Diámetro interior de la tubería.

$$Q_s: \text{Caudal estándar} = \frac{Vs}{Vn} = \left( \frac{Ts}{Tn} \right)$$

f: Factor de fricción.

P<sub>1</sub> Presión inicial.

P<sub>2</sub>: Presión final.

d<sub>r</sub>: Densidad relativa del gas.



$T_m$ : Temperatura media absoluta en condiciones de operación.

Z: Factor de compresibilidad.

**Velocidad del fluido.**

$$v \frac{m}{s} = 353,68 \cdot \frac{Q \frac{m^3(s)}{h} \cdot Zm}{Pm \left[ \frac{kg_{f,a}}{cm^2} \right] \cdot D^2 mm}$$

**Espesor de la tubería.**

$$e = \frac{P_1 \left[ \frac{kg_{f,a}}{cm^2} \right] \cdot D_{int} mm}{2 \cdot S \left[ \frac{kg_{f,a}}{cm^2} \right] \cdot F}$$

F = Coeficiente de Construcción: Se elige por norma para zonas despobladas, montañas y zonas desérticas (Emplazamiento de 1ra Categoría ASME 31.8: 0,72).

$P_1$  = Presión inicial.

$D_{int}$  = Diámetro interior de la tubería. Según la norma UNE 60-309 que fija los espesores mínimos en base a datos empíricos de fabricación, transporte, soldadura, tolerancias, defectos, etc.

S = Limite Elástico del material elegido API – 5LX 60 cuyo valor lo determina el fabricante de acuerdo a la normativa.



## 1.4 MÉTODO DEL CÁLCULO.

El método que se sigue viene establecido por el valor inicial de la presión máxima de servicio PMS y poder así establecer la presión final del transporte con la relación anteriormente indicada.

El cálculo se hace para cada tramo o punto kilométrico (PK) considerándose las pérdidas de carga en cada uno de ellos haciéndose uso de las fórmulas anteriormente anotadas.

## 1.5 PROCESO DEL CÁLCULO.

Los cálculos hidráulicos considerando los caudales de entrega en cada punto intermedio y final estableciéndose un diámetro de 32", después de evaluar las tres alternativas para su diseño.

Opción A: Considerando un solo punto final de Entrega (24") y 4 Estaciones de Compresión, (1 en cabecera y 3 intermedias).

Opción B: Considerando los 3 puntos de entrega (24" - 18" - 16") y 5 Estaciones de Compresión, (1 en cabecera y 4 intermedias).

Opción C: Considerando 3 puntos de entrega (32"), 1 Estación de compresión en el origen. [\(Opción óptima\).](#)

## 1.6 RESULTADOS.

En las Tablas 24 y 25 se visualizan los resultados luego del desarrollo cálculo hidráulico.

## 1.7 CONCLUSIONES.

El planteamiento de tres modelos de diseño como alternativas para la elección del más óptimo ha llevado a la conclusión de que todos los resultados obtenidos en el apartado anterior son suficientes para cubrir la demanda proyectada de consumo estimada para el año 2050.



## GASODUCTO PERÚ CENTRO



PMS: 80 (bar). Pm: 67,15 (bar)  
 Longitud Total del Gasoducto: 592,00 km.  
 Diámetro de la tubería: 32"

Espesor de la tubería: 10,7 mm  
 Material: Acero API 5L Calidad X60  
 Rugosidad: 0,015 mm.

Tramo	PK i (km)	PK f (km)	Qi m3(n)/h	Qf m3(n)/h	Localidad	Elevación de Terreno m.s.n.m.	Diámetro interior (mm)	Instalación Auxiliar	L (km)	Presión Inicial (kgf/cm <sup>2</sup> )	Presión Final (kgf/cm <sup>2</sup> )	Velocidad de transporte (m/s)
Tramo OJ	0,0	275,8	480.000,0	254.244,7	Junín	3.500,0	790,4	ERM1	275,8	82,61	52,02	6,0
Tramo JP	275,8	419,8	225.755,3	55.910,9	Pasco	2.146,3	790,4	ERM2	144,0	82,61	52,02	6,0
Tramo PH	419,8	592,0	169.844,3	169.844,3	Huánuco	1.997,1	790,4	EMR3	172,2	82,61	52,02	6,0

**Tabla 24. Resultados de los cálculos Hidráulicos.**

Para el cálculo de los espesores se tendrá en cuenta la clasificación de las áreas según las norma UNE 60-302 en donde establece 4 tipos de zonas o categorías de emplazamiento en las zonas adyacentes al tendido de la tubería.

Presión (bar)	Categoría de Emplazamiento.	Calculo de cálculo F	Zona de seguridad a cada lado del eje (m)	Calidad del Material	Espesor calculado (mm)	Espesor mínimo UNE(mm)
80	1ra (Div. 1)	0,85	10	API 5L-X60	9,6	8,3
80	1ra (Div. 2)	0,72	10	API 5L-X60	10,7	8,3
80	2da	0,60	5	API 5L-X60	12,8	8,3
80	3ra	0,50	1,5	API 5L-X60	15,4	8,3
80	4ta	0,40	0	API 5L-X60	19,2	8,3

**Tabla 25. Espesores de tuberías correspondientes a las categorías de Emplazamiento.**



## ANEXO 4

### SOLUCIÓN DETALLADA DE LOS CRUCES ESPECIALES

#### ÍNDICE

ANEXO 4 .....	94
1. Cruces Especiales. ....	95
1.1. Cruce de Corrientes de agua:.....	95
1.2. Cruce con Carreteras.....	98
1.3. Cruce con Campo de Cultivo. ....	100
1.4. Cruce con Parques Nacionales. ....	101

#### ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 13. Tipo de Zanja en Corriente de agua. ....	97
Figura 14. Enterramiento de tubería en Corriente de agua.....	97
Figura 15. Modelo de Tuneladora para Cruce en Carretera. ....	98
Figura 16. Enterramiento de tubería en Carretera. ....	99

#### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 26. Cruces Especiales del Gasoducto Perú Centro. ....	95
-------------------------------------------------------------	----



## 1. CRUCES ESPECIALES.

Se deberá resolver los puntos especiales de paso de la tubería porque tienen la necesidad de tener una protección específica que a continuación se detallará según los siguientes datos: (Ver Tabla 26).

	Descripción del Trazado	PK (Punto kilométrico)	Distancia del cruce Especial (m)	Altitud m.s.n.m.
Tramo OJ	Río Urubamba	00 + 500	20,0	673,00
	Parque Nacional Otsihi	55 + 000 86 + 700	31.700,0	577,20
	Río Ene	119 + 900	20,0	1094,20
	Parque Nacional Jallacate	201 + 800 228 + 300	26.500,0	2404,60
	Campos de Cultivo	263 + 000 272 + 200	9.200,0	3633,70
Tramo JP	Carretera Central JP	277 + 200	12,0	3856,60
	Carretera Central JP	278 + 800	12,0	3845,60
	Carretera Central JP	283 + 500	12,0	3807,20
	Parque Nacional Puí Puí	336 + 200 338 + 200	2.000,0	3074,80
	Carretera 5S	386 + 700	12,0	2512,90
Tramo PH	Carretera 22 A	399 + 200	12,0	2334,40
	Parque nacional Yanacancha	477 +200 504 +900	27.700,0	2525,10
	Carretera 5N	482 +400	12,0	2541,20
	Carretera 18A	584 + 600	12,0	1870,60

Tabla 26. Cruces Especiales del Gasoducto Perú Centro.





## 1.1. CRUCE DE CORRIENTES DE AGUA:

En el Tramo OJ presenta dos cruces con cursos de agua que son el Río Urubamba (PK 0,5) y el Río Ene (PK 119,9), estos cruces se harán por debajo del cauce de la corriente de los a una profundidad no menor de 3,0 m por debajo de su nivel del lecho para que garantice que la tubería quede fuera de la erosión del fondo del cauce, y 0,75 m por debajo del fondo rocoso en casos de afloramiento del material. (Ver Figura 13).

El enterrado de la zanja debe empezar con 0,20 m de tierra y luego piedra picada compactada y firme para lograr una superficie dura y pareja con la elevación original del lecho de la corriente, el trabajo se realizará a cielo abierto.

Se usara la tubería (API-RP 1102) revestida de hormigón armado para estos cruces donde en ambos extremos de las tuberías se colocaran válvulas de compuerta de operación manual o automática para aislar esta parte de la tubería en caso sea necesario. (Ver Figura 14).

Diámetro Tubería	Medida (")
Diámetro Nominal del gasoducto.	32
Diámetro Nominal Vaina.	38
Espesor Mínimo.	4,78

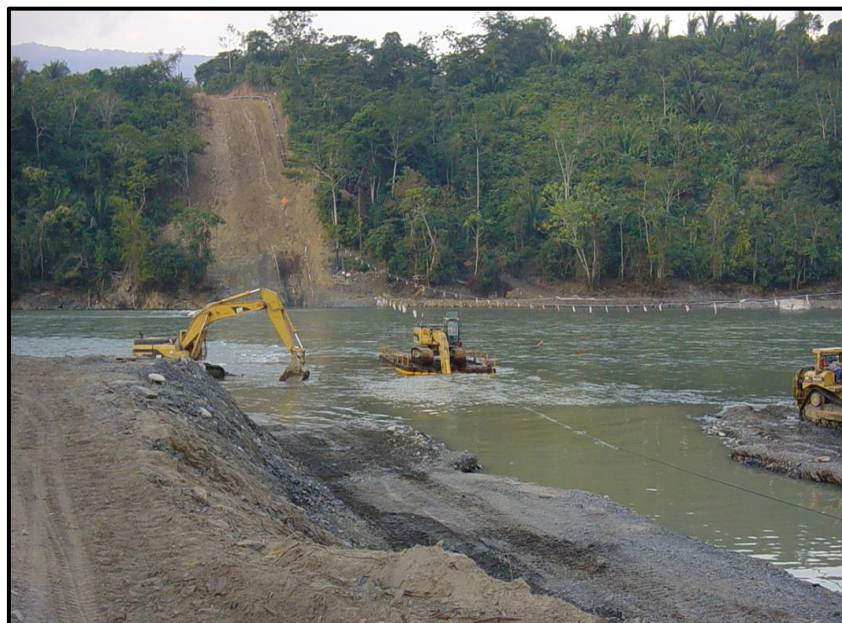
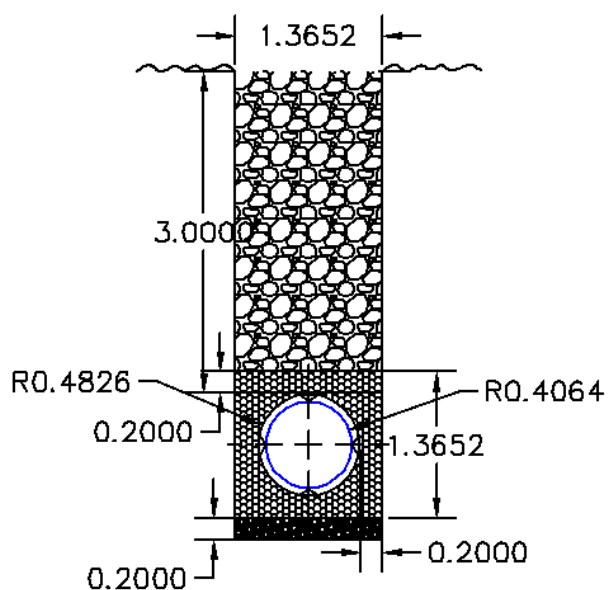


Figura 13. Tipo de Zanja en Corriente de agua.



Profundidad en Corrientes de Agua			
Características		Composición (m)	
Tubería de protección	38"	0,2	Tierra
Tubería gasoducto	32"	2,8	Piedra compactada
Espesor mínimo	4,78"	1,36	Hormigón armado
Profundidad	3m	1,36	Ancho de la zanja

Figura 14. Enterramiento de tubería en Corriente de agua.



## 1.2. CRUCE CON CARRETERAS.

Se tendrá que cumplir las disposiciones de las autoridades municipales a quienes tengan jurisdicción sobre ellas para que otorguen los permisos correspondientes a las obras con un determinado tiempo de antelación, al igual que en los cruces de los ríos el espesor mínimo del tubo protector deberá ser definido también por la Norma API-PR 1102. Algunas legislaciones prohíben excavar en las carreteras principales, en estos casos, deberá perforarse en forma horizontal y colocar un tubo de protección.

Es necesario gestionar ante las autoridades de tránsito, el permiso correspondiente con la debida anticipación.

Los agujeros de ventilación deberán hacerse antes de introducir la tubería del gasoducto, se usará una tuneladora (Ver Figura 15), en lugar de la zanja, de tal manera que quede una capa de tierra no menor de 1,2 m a partir de la superficie. Se tendrá que efectuar estas obras a cielo abierto en 7 carreteras al paso de la tubería. (Ver Figura 16). Si el trabajo no es concluido en el día, será necesario dejar señales luminosas para evitar accidentes durante la noche. De ser necesario, solicitar apoyo a la Policía Local.

Diámetro Tubería	Medida (")
Diámetro Nominal del gasoducto.	32
Diámetro Nominal Vaina.	38
Espesor Mínimo.	4,78

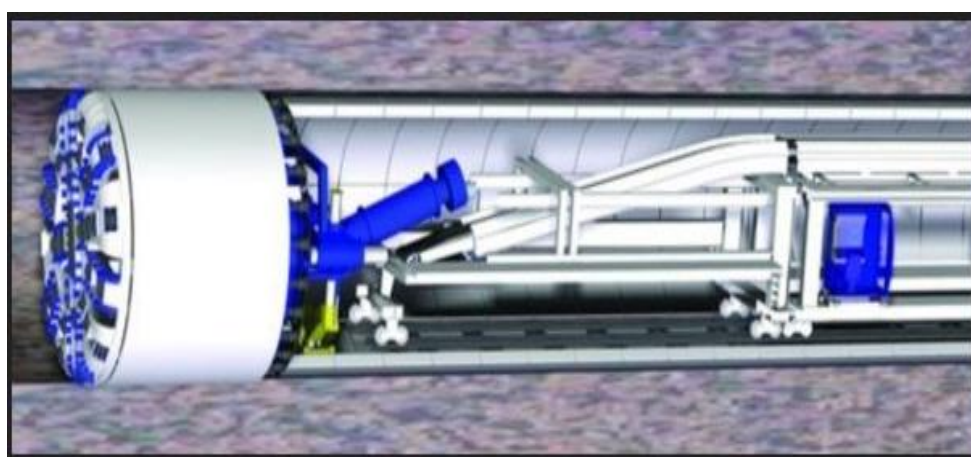


Figura 15. Modelo de Tuneladora para Cruce en Carretera.

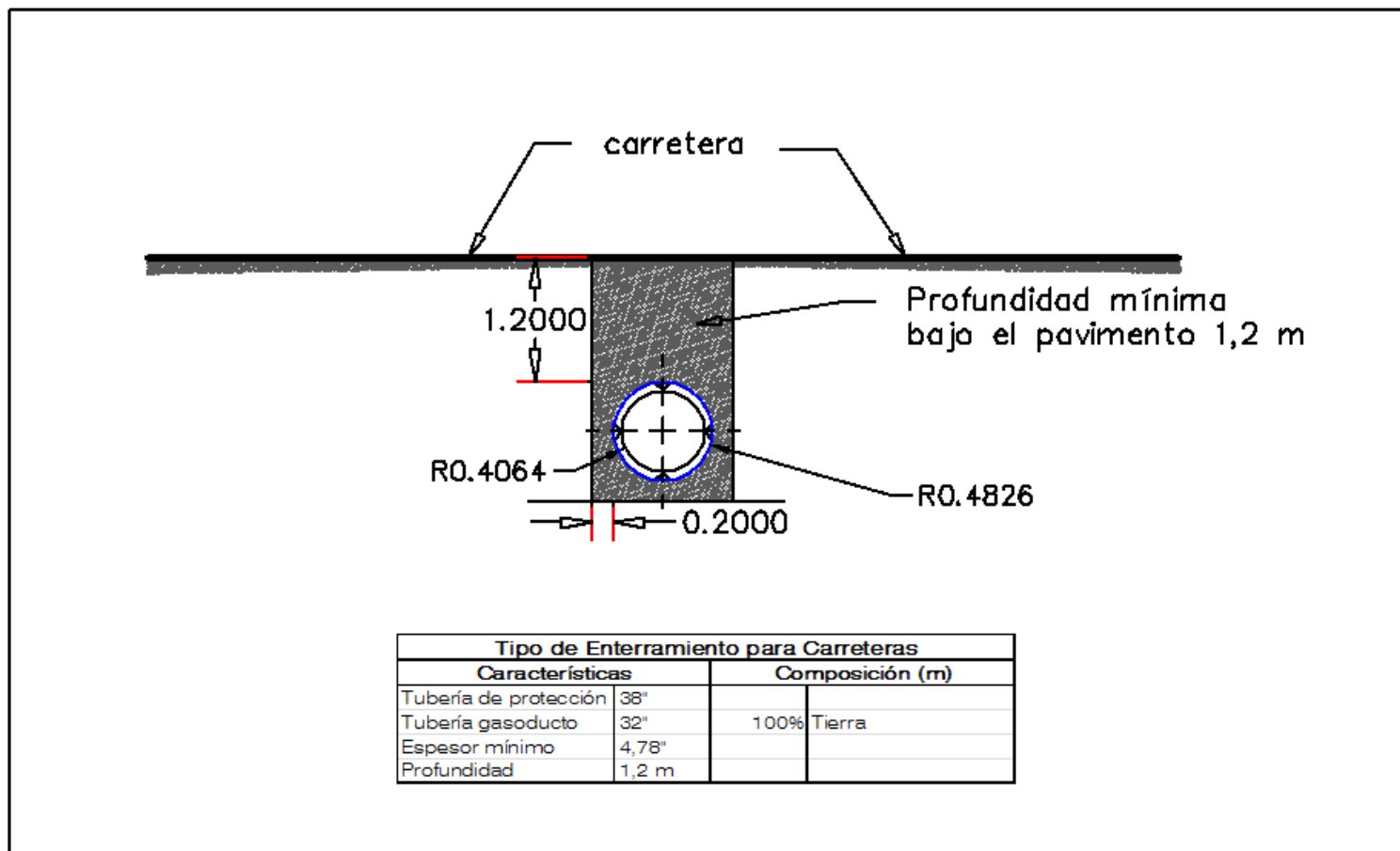


Figura 16. Enterramiento de tubería en Carretera.



### **1.3. CRUCE CON CAMPO DE CULTIVO.**

En realidad un gasoducto no se expropia del terreno, solo se permite el paso sobre terrenos privado en este caso agrícolas y para ellos se prohíben hacer cualquier tipo de modificaciones al terreno una vez que se haya ejecutado la obra y para ello se tendrá que hacer un listado de propietarios afectados por el gasoducto para sus respectivas indemnizaciones.

Hacer la zanja a una distancia mínima de 15 m de toda tubería de regadío en caso de existir. En algunos casos los propietarios indican la distancia mínima de acuerdo con la consistencia del terreno.

Usar banderas de color amarillo intenso para señalar trabajos de reparación.

Si el sistema de irrigación quedara afectado por el trabajo, para ello la legislación y las normas de medio ambiente amparan al propietario para exigir la reparación total.

Programar los trabajos cuidando no interrumpir las horas de riego.

Coordinar con el Ministerio de Agricultura, cuando se afectan campos irrigados por El Estado.

Si el trabajo no es concluido en el día, será necesario dejar señales luminosas para evitar accidentes durante la noche. En los casos de voladuras de cerros o rocas, se extremarán los cuidados para evitar que las rocas malogren tuberías de riego o cultivos por cosechar.

En el caso de no tener tuberías de regadío la capa de tierra cultivada será retirada cuidadosamente garantizando que volverá a su estado inicial después del trabajo.

La capa de tierra que debe quedar encima del tubo en ningún caso será menor a un metro.

Tratar de programar la construcción del tramo de gasoducto que atraviesa el campo cultivado, para después de cosecha. En los casos de voladuras de cerros o rocas, se extremarán los cuidados para evitar que las rocas malogren tuberías de riego o cultivos por cosechar.



### **1.4. CRUCE CON PARQUES NACIONALES.**

La ejecución de la obra tendrá que tener un estudio medioambiental previo cuyo objetivo fundamental será la de preservar la naturaleza y para ello se elaborará un informe ecológico de la flora y fauna de cada uno de los parques nacionales a travesar.

Este gasoducto minimizará el impacto ambiental que pueda ocasionar ante la biodiversidad y posibles comunidades que tienen como patrimonio cultural estos parques, en el recorrido se eliminarán secciones de selva para la construcción de la pista de trabajo por lo que incurrirá a una deforestación y para ello debe presentar ante el organismo público para sus autorizaciones para poder así conciliar con algunas comunidades en impacto sobre su paso sobre ella y poder restaurar la selva.



ANEXO 5

ESTACIONES DE PROTECCIÓN CATÓDICA

ÍNDICE

ANEXO 5.....	102
1. Conceptos generales: .....	104
1.1. Comparativa de Ánodos de Sacrificio y Corriente Impresa. ....	105
2. Características de la Tubería. ....	107
3. Trabajos de campo para una EPC.....	107
3.1. Medida de Resistividades.....	107
3.2. Campos eléctricos. ....	108
3.3. Influencias en otras instalaciones. ....	109
4. Intensidad de Protección necesaria. ....	109
4.1. Definición de Potencial de Inmunidad. ....	109
4.2. Densidad de Corriente.....	110
4.3. Intensidad de Protección Catódica. ....	110
5. Diseño del Sistema de Protección Catódica.....	110
5.1. Protección Catódica provisional.....	111
5.2. Atenuación de corriente.....	113
5.3. Ubicación de las EPC's en el gasoducto Perú Centro.....	115
6. Dimensionado de la EPC.....	116
7. Dimensionado del equipo de Protección Catódica. ....	116
7.1. Potencia de Transforectificador. ....	116
7.2. Lecho Anódico. ....	117
8. Características de las EPC.....	117
8.1. Transforectificadores. ....	117
8.2. Ánodos.....	118
8.3. Lecho Anódico. ....	118
8.4. Rellenos de lo Ánodos (backfill). ....	118
8.5. Soldaduras y protección.....	118



8.6. Cables. ....	118
8.7. Tomas de Potencial. ....	119
8.8. Juntas Aislantes. ....	119
8.9. Electrodo de referencia. ....	120

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 17. Medida de potencial de la tubería enterrada. ....	105
Figura 18. Sistema de Protección Catódica por Corriente Impresa. ....	106
Figura 19. Esquema de un Sistema de Protección Catódica. ....	111
Figura 20. Modelo de Tomas de Potencial. ....	119
Figura 21. Modelo de Juntas Aislante. ....	120

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 27. Agresividad del suelo. ....	108
Tabla 28. Posición de las EPC sobre la conducción. ....	116

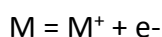




## 1. CONCEPTOS GENERALES:

La protección catódica es un sistema de protección contra la corrosión aplicado en este caso a una tubería transportadora de gas combustible enterrada.

La corrosión es un proceso de destrucción de metales y aleaciones que ocurre de forma espontánea sobre la superficie de los mismos, en la mayoría de los casos se produce por presencia de agua (humedad de la tierra) por medio de un mecanismo electroquímico de intercambio de electrones. Este mecanismo se puede explicar de una forma sencilla mediante la siguiente expresión:



Donde:

M: Representa el metal en su estado inmune que al perder varios electrones pasa a ion metálico  $M^{+}$  capaz de reaccionar con el medio acuoso que lo rodea.

Todo medio que rodea a la tubería (tierra, agua de mar, agua dulce, etc.) actuará como electrolito para ello se deberá unir dos metales de distinto potencial electroquímico (tubería y titanio) generando así una pila galvánica en la que el ánodo (titanio) que es de carácter más electronegativo cederá electrones al metal más electropositivo (acero) protegiéndose éste a expensas de la corrosión del primero (Ver Figura 17).

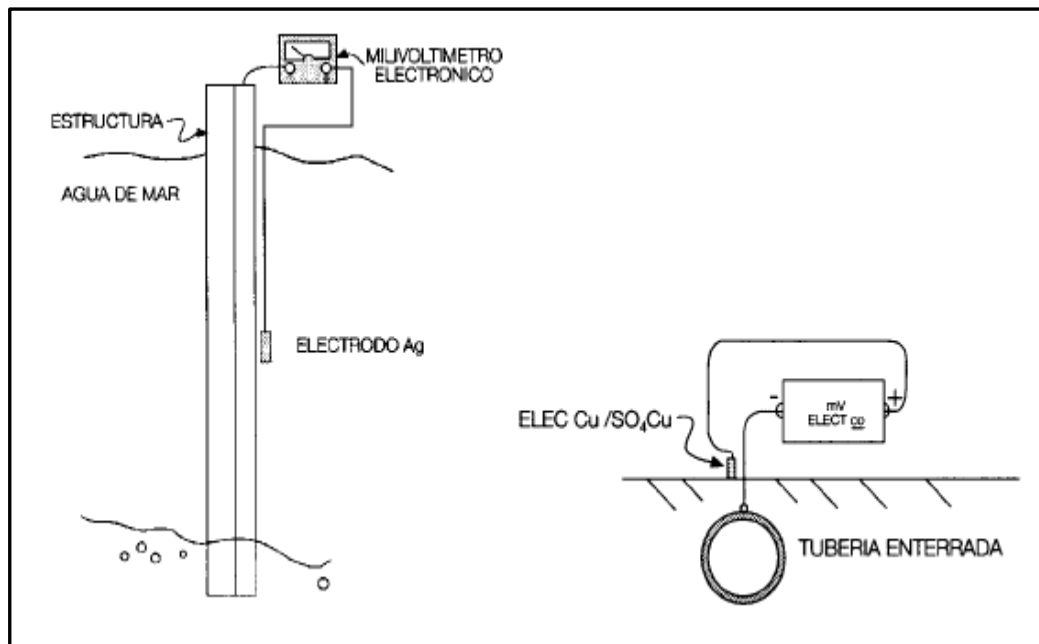
Este suministro de electrones se puede hacer mediante una fuente de corriente eléctrica continua (transformador) la cual tendrá su polo negativo conectado a la tubería que se pretende proteger y el polo positivo conectado a un conductor eléctrico (titanio) sumergido en el mismo medio a una distancia conveniente de la estructura.

Con esta disposición la corriente continua pasara desde el conductor (ánodo) a la estructura a través del electrolito estableciéndose así la protección de la tubería llamándose Corriente Impresa.

El revestimiento por si solo aplicado en la tubería no es suficiente para evitar la corrosión, tendrá que ser complementado por un sistema de protección Catódica, cuanto mejor sea el recubrimiento y mejor aplicado esté, necesitará menor cantidad de corriente para ser protegido catódicamente.

El electrodo de Cu/CuSO<sub>4</sub> es el más habitual para medir potenciales de metales enterrados, siendo el potencial de inmunidad generalmente aceptado, para este electrodo, de -850 mV. Cuando el electrolito es agua se suele emplear el

electrodo de Ag/AgCl, siendo el potencial de inmunidad, respecto a este último electrodo, -780 mV.



**Figura 17. Medida de potencial de la tubería enterrada.**

La elección de este tipo de protección dependerá de factores como el tamaño de la estructura a proteger, forma de superficie, naturaleza del medio, disponibilidad de corriente eléctrica, proximidad de otras instalaciones que puedan influir sobre la que nos ocupa, o bien, que nuestro sistema pueda influir sobre otras instalaciones próximas, aspectos económicos, etc.

## 1.1. COMPARATIVA DE ÁNODOS DE SACRIFICIO Y CORRIENTE IMPRESA.

### a) Ánodos de Sacrificio:

#### Ventajas:

- ✓ No es necesario una fuente de corriente externa.
- ✓ Su instalación se hace muy fácilmente.
- ✓ Deben estar correctamente unidos a la tubería.
- ✓ No suelen existir problemas de sobreprotección.
- ✓ Fácil de obtener una distribución homogénea de corriente sobre toda la estructura.

**Desventajas:**

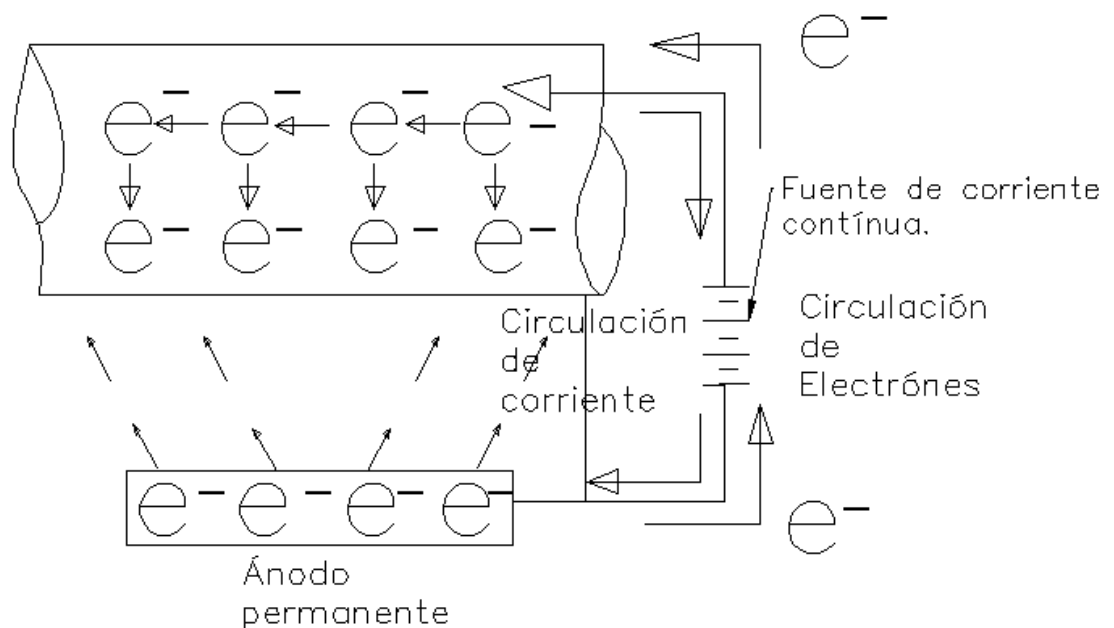
- ✓ No permite vencer fuertes caídas óhmicas.
- ✓ Uso restringido a medios conductores y a estructuras recubiertas.

**b) Corriente Impresa:****Ventajas:**

- ✓ Permite vencer a las caídas óhmicas altas. (Ver Figura 18).
- ✓ Se puede usar para proteger grandes estructuras, no recubiertas en medios poco conductores.
- ✓ Se necesitan pocos ánodos.
- ✓ El nivel de protección puede ser controlado por tiempo real.

**Desventajas:**

- ✓ Necesidad de una fuente de corriente externa.
- ✓ Peligro de sobreprotección si se producen fallos.
- ✓ Dificultad para conseguir niveles de protección homogéneos en estructuras complejas.



**Figura 18. Sistema de Protección Catódica por Corriente Impresa.**



La corriente impresa lograda en la tubería será de -0,85 V para su protección y para ello cada EPC estará dotada con dos transforectificadores de 15 A (amperios) 70 V (voltios) en CC. Para controlar el nivel de protección se instalan a lo largo del trazado cada 2 km aproximadamente cajas con toma de potencial que permiten obtener el valor de la tensión tubería-electrodo de referencia. Posteriormente se demostrará los cálculos del dimensionado.

## 2. CARACTERÍSTICAS DE LA TUBERÍA.

La tubería es de acero API 5L Gr X-60 con las siguientes dimensiones:

Diámetro: 32" – 812,8 mm.

Longitud del gasoducto: 592 000 m.

Presión Nominal: 80 bar.

Espesor del revestimiento: 2,5 mm.

Tipo de revestimiento: Polietileno extruido.

Superficie: 1 511 664 m<sup>2</sup>.

Espesor de la Tubería: 12,7 mm.

El revestimiento de la tubería es polietileno extruido con el espesor arriba indicado, se deberá tener en cuenta que para tramos con cruce de líneas de alta tensión este revestimiento tendrá que ser doble.

Se considerará puntos especiales en donde la tubería necesite alguna modificación de tensión y corriente en caso de la conducción cruce con algún ferrocarril o líneas eléctricas aéreas.

## 3. TRABAJOS DE CAMPO PARA UNA EPC.

### 3.1. MEDIDA DE RESISTIVIDADES.

La medida de las resistividades tiene tres funciones:

- a) Ver la agresividad del suelo.
- b) Calcular los lechos anódicos o en su defecto los ánodos de sacrificio.



- c) Calcular las influencias de las líneas eléctricas aéreas y alta tensión que pueden tener sobre la conducción y calcular las dimensiones de los lechos de las EPC por corriente impresa.

Según el criterio de Steinrath y la norma DIN 50 929, la agresividad de los suelos se puede determinar por la siguiente Tabla 27.

Resistividad (ohmios x cm)	Características del Suelo.
< 1 000	Extremadamente agresivo.
1 000 – 2 000	Muy agresivo.
2 000 – 5 000	Agresivo.
5 000 - 20 000	Moderadamente agresivo.
20 000 - 50 000	Poco agresivo.
más que 50 000	Muy poco agresivo.

**Tabla 27. Agresividad del suelo.**

La conducción del fluido atraviesa terrenos totalmente accidentados y los más significativos son parte de Selva en la sierra del Perú, la Cordillera de los Andes y terrenos áridos concluyendo en un estudio previo a que es un suelo muy heterogéneo considerándose como por ejemplo para nuestro caso de un suelo moderadamente agresivo.

### 3.2. CAMPOS ELÉCTRICOS.

La medición de los campos eléctricos da una idea orientativa del trasiego de la corriente a través del terreno.

La medición se realiza con dos electrodos de referencia de Cu/CuSO<sub>4</sub> (Sulfato de Cobre saturado) portátiles previamente cableados, separados un metro entre sí.

El valor que se obtiene es el gradiente de potencial entre dos puntos de terreno separados un metro entre sí.

Según se acepta en los textos de protección catódica para los valores superiores de 5 mV/m puede afirmarse que existe circulación de corriente a través del terreno.



### 3.3. INFLUENCIAS EN OTRAS INSTALACIONES.

#### a) Vías de ferrocarril.

En caso de que nuestro gasoducto por cambios de trazado en el terreno llegara a pasar por algún cruce con vías de ferrocarril se tomarían medidas especiales en estos puntos, solo en el caso de que se realizara el cruce con contraturbo metálico se instalará una caja de toma especial.

#### b) Cruce con otras tuberías.

Al igual que en el apartado anterior en caso de cruzar por otras tuberías que disponen de protección catódica independientes, será preciso controlar posibles influencias mutuas. Para ello se instalarán electrodos de referencia permanente de  $\text{Cu/CuSO}_4$  en el punto de cruce entre ambas tuberías que se conectará a una caja conjunta a la que se le conectará además un cable de cada tubería.

#### c) Líneas eléctricas de alta tensión.

En caso de un cruce con este tipo de líneas se determinará el tipo de influencias que puedan estar sometidas una tubería enterrada y aislada próxima a este tipo de líneas de alta tensión.

Una de las influencias que podrá causar es daños sobre la tubería por las elevadas tensiones llegando a deteriorar gravemente el revestimiento aislante e incluso a perforar la propia tubería (cortocircuito).

La otra influencia es sobre el daño a las personas en las que las tensiones inducidas sobre la tubería incluso en funcionamiento normal de la línea eléctrica pueden llegar a ser peligrosas para las personas en contacto con la tubería durante la construcción, explotación o mantenimiento de la misma (conducción e inducción).

## 4. INTENSIDAD DE PROTECCIÓN NECESARIA.

### 4.1. DEFINICIÓN DE POTENCIAL DE INMUNIDAD.

Para obtener la protección contra la corrosión de una tubería enterrada, será preciso rebajar su potencial natural a valores inferiores de  $-850 \text{ mV}$  medidos con respecto a un electrodo de referencia de  $\text{Cu/CuSO}_4$ .



En previsión a la existencia eventual de bacterias sulforeductoras y pilas geológicas, el potencial mínimo de protección se fijará en -1 200 mV respecto a dicho electrodo de referencia.

El potencial máximo electronegativo no deberá superar los -3 V con el fin de eliminar los riesgos de evolución de hidrógeno en el cátodo y desprendimiento del revestimiento.

#### 4.2. DENSIDAD DE CORRIENTE.

Para alcanzar los valores de potencial mínimos a lo largo de todo el tendido de la tubería será preciso aplicar una densidad de corriente que se fijará en 0,10 A/m<sup>2</sup>.

Es importante recordar la calidad del revestimiento ya que nos proporcionará el polietileno extruido una resistencia de aislamiento superior a 50 000 Ω/m<sup>2</sup> para un espesor de 2,5 mm.

#### 4.3. INTENSIDAD DE PROTECCIÓN CATÓDICA.

La longitud de la sección vendrá dada por:

$$l(m) = 2 \cdot PI \cdot r(m)$$

$$l(m) = 2,55(m)$$

La superficie a proteger será:  $S = l \times L$   $S = 2,55 \times 592\,000\,m^2$

Haciendo un total de 1 511 664 m<sup>2</sup> desde el Yacimiento hasta el Punto de derivación 3 en la ciudad de Huánuco.

El cálculo de la intensidad de protección necesaria será:

$$I_t(mA) = d \left( \frac{mA}{m^2} \right) \cdot S(m^2)$$

$$I_t = 0,00010 \cdot 1\,511\,664$$

**$I_t = 151\,A$  Intensidad máxima necesaria.**

### 5. DISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CATÓDICA.

El sistema de una EPC estará constituida por:

- ✓ Una Estación de protección Catódica.
- ✓ Un conjunto de tomas de potencial distribuidas a lo largo de las tuberías para el control del sistema de protección.
- ✓ Electrodo de referencia, permanentes y probeta para la obtención de potenciales reales sobre la tubería.

El potencial de -1 200 mV, es el que normalmente, se adopta como límite de potencial, para evitar posibles daños en el revestimiento por deslaminación catódica y consecuentemente la posible corrosión que esta puede causar. (Ver Figura 19).

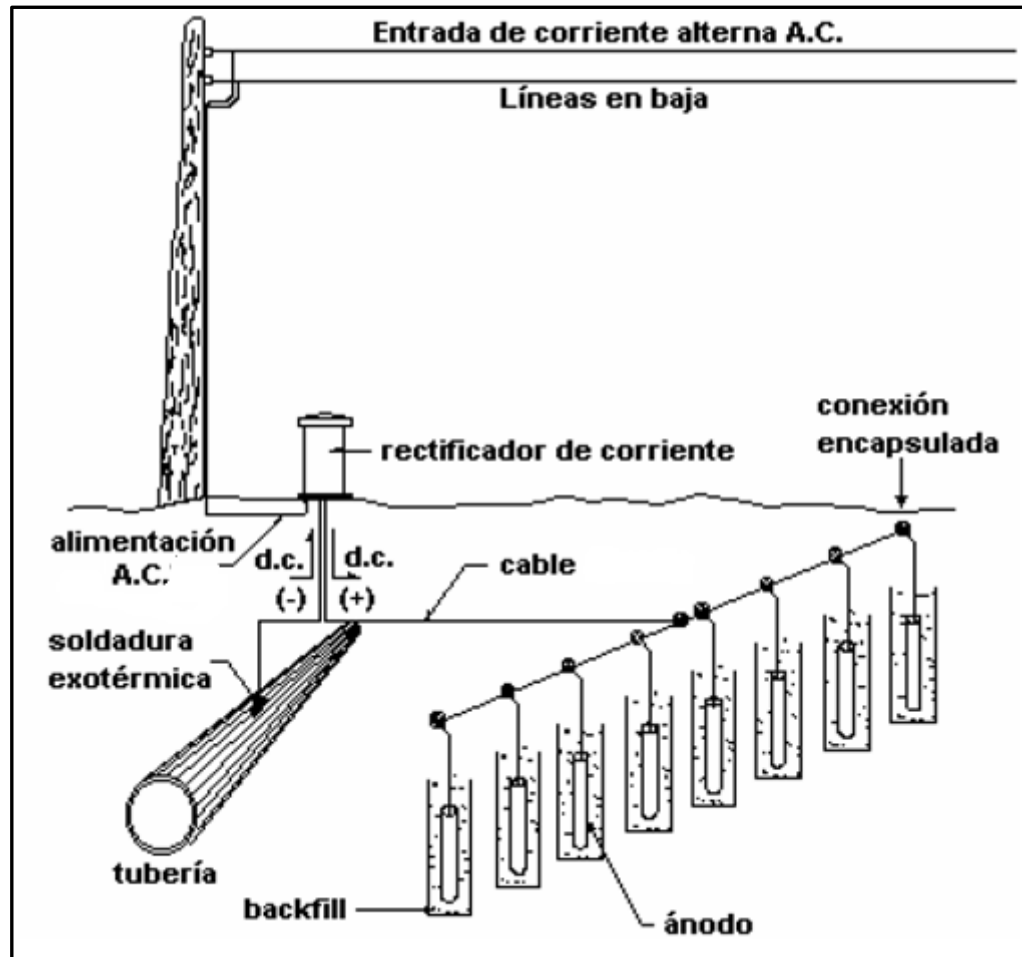


Figura 19. Esquema de un Sistema de Protección Catódica.

## 5.1. PROTECCIÓN CATÓDICA PROVISIONAL.

Como medida de precaución se instalará un sistema de protección catódica provisional para que la tubería se encuentre protegida desde el inicio de la construcción hasta la puesta en servicio del sistema de protección definitiva.

Esta medida obedece por ser un terreno totalmente heterogéneo e inicialmente se usará el método de protección de ánodos de sacrificio.

El cálculo de esta estación provisional se efectúa mediante:





$$Ra = \left( \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L} \right) \cdot \left( \ln \left( \frac{8L}{Re} \right) - 1 \right)$$

Donde:

Ra: Resistividad de contacto del ánodo con el terreno ( $\Omega$ ).

L: Longitud del ánodo (cm).

Re: Radio equivalente del ánodo (cm).

$\rho$ : Resistividad del terreno ( $\Omega \times \text{cm}$ ).

Se instalarán ánodos de Mg con las siguientes características.

Peso: 0,31 kg/m

Ancho: 19 mm.

Alto: 9 mm.

Radio equivalente: 7,4 mm.

Longitud: 5m.

Capacidad de corriente: 2 210 A / (h \* kg)

Rendimiento: 50%.

Potencial en circuito abierto: -1 750 mV / Cu/CuSO<sub>4</sub>

La resistividad media del terreno será: 15 000  $\Omega \times \text{cm}$ .

Sustituyendo valores:  **$Ra = 36,26 \Omega$ .**

La ley de Ohm determina la salida de corriente de cada ánodo.

$$I_a(mA) = \frac{\nabla V(mV)}{R_a(\Omega)}$$

Donde:

Ia = Intensidad de corriente de cada ánodo.

$\Delta V$  = Diferencia de tensiones del ánodo en circuito abierto y la protección de la tubería (-1 750 - - 950) = - 800 mV.

Ra = Resistencia del ánodo.

Sustituyendo valores:  $I_a(mA) = \frac{800(mV)}{36,26 (\Omega)}$   **$I_a(mA) = 22,06$**

El número de ánodos de la EPC provisional:

$$N_a = \frac{It(mA)}{I_a(mA)}$$



Donde:

$I_t$  = Es la corriente total necesaria (mA).

$I_a$  = Es la corriente de cada ánodo (mA).

Sustituyendo valores:

$$N_a = \frac{151\,000(mA)}{22,06(mA)}$$

$$N_a = 6\,845 \text{ ánodos.}$$

## 5.2. ATENUACIÓN DE CORRIENTE.

Para determinar que este emplazamiento sea adecuado deberá comprobarse que la influencia del a EPC en el punto más alejado de la tubería a proteger es suficiente sin alcanzar valores de sobreprotección en su proximidad.

El potencial en un punto de inyección no alcanzará los -3,0 V para conseguir un valor en el punto más alejado. Para ello se calcula la atenuación de la corriente.

El potencial en el punto de inyección se obtendrá con la siguiente formula:

$$E_0 = E_L \cdot \cosh(\alpha \cdot x) + R_c \cdot I_r \cdot \operatorname{sh}(\alpha \cdot x)$$

Donde:

$E_0$  = Incremento de potencial o polarización en el extremo de la conducción (mV) en valor absoluto.

$E_L$  = Incremento de potencial o polarización en el punto de inyección de la corriente (mV) en valor absoluto. (-450 mV valor teórico para el cálculo)

$R_c$  = Resistencia característica transversal por 1 km en suelo de una determinada resistividad. (Se considerará 10 000  $\Omega \cdot x$  cm como resistividad media).

$I_r$  = Corriente en el punto de inyección (A).

$\alpha$  = Constante de atenuación que se expresa de la siguiente manera:

$$\alpha = \sqrt{\frac{r}{R_c}}$$



Donde:

$r$  = Resistencia longitudinal del tubo ( $\Omega \times \text{km}$ ).

$R_c$  = Resistencia característica transversal del tubo con una determinada resistividad y revestimiento.

Para " $r$ " se tiene: 
$$r = \rho \frac{1\,000}{\pi D e}$$

Donde:  $\rho$  = resistividad del acero ( $0,18 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ )

$D$  = Diámetro del tubo 32" (812,8 mm).

$e$  = espesor del tubo (12,7 mm).

Espesor del revestimiento = 2,5 mm.

$$r = 0,0055 \Omega \times \text{km}$$

Para " $R_c$ " se tiene: 
$$R_c = \sqrt{r \cdot R_t}$$

Donde:

$R_c$  = Resistencia específica transversal a tierra  $\times \text{m}^2$  en un suelo de  $1\,000 \Omega \times \text{cm}$  equivalentes a  $100\,000 \Omega \times \text{m}^2$  para la conducción nueva y  $25\,000 \Omega \times \text{m}^2$  para la envejecida.

Cálculo para la resistencia transversal del revestimiento nuevo:

$$R_{cn} = \frac{100\,000 \cdot 10}{\pi \cdot 0,8128 \cdot 1\,000} = 392 (\Omega \times \text{km})$$

Cálculo para la resistencia transversal del revestimiento viejo:

$$R_{cv} = \frac{25\,000 \cdot 10}{\pi \cdot 0,8128 \cdot 1\,000} = 98 (\Omega \times \text{km})$$



Por lo que el cálculo de “ $\alpha$ ” será:

$$\alpha_n = \sqrt{\frac{0,0055}{39,2}} = 0.012 \text{ km}^{-1} \text{ para revestimiento nuevo.}$$

$$\alpha_v = \sqrt{\frac{0,0055}{9,8}} = 0.024 \text{ km}^{-1} \text{ para revestimiento viejo.}$$

Finalmente sustituimos los datos en la fórmula de la atenuación de potencial donde se tendrá el incremento de potencial en el punto de inyección y final será.

$$E_{0n} = 450 \cdot \cosh(0,0055 \cdot 592,0) + 392,0 \cdot 0,0125 \cdot \sinh(0,0012 \cdot 592,0)$$

$$E_{0n} = 5\,850,2 \text{ mV Con revestimiento nuevo.}$$

$$E_{0v} = 450 \cdot \cosh(0,0055 \cdot 592,0) + 98,0 \cdot 1,25 \cdot \sinh(0,0055 \cdot 592,0)$$

$$E_{0v} = 7\,433,2 \text{ mV Con revestimiento viejo.}$$

El potencial teórico en el punto de inyección EPC sería:

$$-450 - 5\,850,2 = -6\,300,2 \text{ mV para el revestimiento nuevo y}$$

$$-450 - 7\,433,2 = -7\,883,2 \text{ mV para el revestimiento viejo.}$$

Estos valores superan a los potenciales de sobreprotección (- 1 200 mV) que es el límite de potencial para que no pueda causar daños en el revestimiento si consideramos una sola EPC, para que no supere estos niveles será necesario establecer el revestimiento viejo que es que más exigencias requiere:

$$-7\,900 \text{ mV} / -1\,200 \text{ mV} = 7 \text{ EPC}$$

### 5.3. UBICACIÓN DE LAS EPC'S EN EL GASODUCTO PERÚ CENTRO.

Las estaciones se establecerán cada 84,6 km a lo largo de la conducción, de esta manera no se pasará el límite de sobreprotección y tendrá como media un potencial de inyección de 1 100 mV para cada estación. (Ver Tabla 28).



Nro. de Estación	PK
EPC <sub>1</sub>	84 + 600
EPC <sub>2</sub>	169 + 200
EPC <sub>3</sub>	253 + 800
EPC <sub>4</sub>	338 + 400
EPC <sub>5</sub>	423 + 000
EPC <sub>6</sub>	507 + 600
EPC <sub>7</sub>	592 + 000

**Tabla 28. Posición de las EPC sobre la conducción.**

## 6. DIMENSIONADO DE LA EPC.

Como se sabe la ubicación de cada EPC y las fórmulas anteriormente descritas se calculará cada una de ellas:

$S = 216\,025 \text{ m}^2$	Superficie a proteger de cada EPC.
$I = 22 \text{ (A)}$	Intensidad necesaria para cada EPC
$E_0 = 1\,100 \text{ mV}$	Potencial de inyección.
$r = 0,0055 \Omega \times \text{km}$	Resistencia longitudinal.
$\alpha = 0,012 \text{ km}^{-1}$	Constante de atenuación.
$R_c = 392 \Omega \times \text{km}$	Resistencia transversal del revestimiento.
$R_k = \sqrt{r \cdot R_c} = 1,46 \Omega$	Resistencia característica.
$R_E = \frac{R_k}{\tanh(\alpha \cdot)} = 121,67 \Omega$	Resistencia equivalente de la tubería.
$I_i = \frac{E_0}{R_E} = 0.009 \text{ A}$	Intensidad en el punto de Inyección.

## 7. DIMENSIONADO DEL EQUIPO DE PROTECCIÓN CATÓDICA.

### 7.1. POTENCIA DE TRANSFORECTIFICADOR.

Como se necesitará 22 A para cada EPC se instalará dos transforectificadores de 70 V – 15 A según la recomendación y especificación de Gas Natural SDG.



## 7.2. LECHO ANÓDICO.

Para el cálculo del número de ánodos se tomará en cuenta la duración de los mismos, la corriente total y la resistividad del terreno donde pasara la conducción.

Los ánodos que se instalarán son pletinas de titanio activado con las siguientes características:

$$L = 20 \times 3 \times 750 \text{ mm.}$$

$$I \text{ de salida} = 3A (100 A/m^2)$$

Para el número de ánodos se tomará en cuenta la corriente necesaria (25 A) para cada EPC resultando entre 8 y 10 ánodos como mínimo para poder dar la salida requerida por cada estación con un margen de seguridad.

Por seguridad la instalación de los lechos dispersores será horizontal y superficial en lecho continuo (para que su longitud sea menor). La resistencia del lecho anódico viene dado por la fórmula de Deugsht:

$$R = \frac{\rho}{2 \cdot \pi I \cdot L} \cdot \left[ \ln \frac{L^2}{t \cdot d} \right] \quad R = 8,37 \Omega$$

Donde:  $R$  = La resistencia máxima del circuito de protección.

$\rho$  = Resistividad del terreno (15 000  $\Omega \times \text{cm}$ ).

$L$  = Longitud del lecho anódico (1 800 cm).

$d$  = Diámetro equivalente incluyendo el backfill (40 cm x 30 cm, es decir 39,09 cm en todos.)

$t$  = Profundidad del lecho (150 cm).

## 8. CARACTERÍSTICAS DE LAS EPC.

### 8.1. TRANSFORECTIFICADORES.

Los equipos serán construidos según especificaciones de un organismo como lo es aquí en España ENAGAS, se montará en un armario metálico a la intemperie y ubicado en cada PK ya establecido.

Se tendrá en consideración la facilidad a una fuente de baja tensión.



- ✓ Tensión: 70V
- ✓ Intensidad: 15 A
- ✓ Alimentación: 220 V

### 8.2. ÁNODOS.

Los ánodos serán de titanio activado con mezcla de ácidos nobles, la forma que tendrán será la de una pletina de titanio revestida teniendo así propiedades electroquímicas para funcionar como ánodo.

- ✓  $L = 20 \times 3 \times 750$  mm.
- ✓  $I$  de salida = 3A (100 A/m<sup>2</sup>)

### 8.3. LECHO ANÓDICO.

Se considerará la instalación de los lechos dispersores horizontal y superficial en lecho continuo a una distancia de 18 m de la tubería y su conexión a la EPC se hará mediante cables.

### 8.4. RELLENOS DE LO ÁNODOS (BACKFILL).

Entre los distintos materiales como por ejemplo el coque metalúrgico y grafito, se elegirá el grafito con las siguientes características.

- ✓ Granulometría: de 3 a 8 mm.
- ✓ Resistividad:  $5\Omega \times \text{cm}$ .
- ✓ Máxima densidad de corriente: 5 A/m<sup>2</sup>.
- ✓ Contenido de carbono: > 98%.

### 8.5. SOLDADURAS Y PROTECCIÓN.

Las conexiones de los ánodos con la tubería serán por soldadura aluminotérmica a una pletina de acero y esta a su vez a la tubería.

Las protecciones se harán con Handy-Caps el cual es un capuchón diseñado para la protección anticorrosiva de las soldaduras aluminotérmica, brinda una excelente protección anticorrosiva. Sus características y excelente comportamiento en todo tipo de superficie, lo hacen de fácil, confiable y segura aplicación. Está compuesto por una lámina plástica superior, formada por un domo con forma de iglú y un canal de entrada para el cable, cubriéndola totalmente en forma segura. Antes de esta protección necesitará de una imprimación asfáltica.

### 8.6. CABLES.

Se utilizarán varios tipos y de diferentes secciones de conductores:

- ✓ Cables para conexión ánodos y tubería con transformador.
- ✓ Cables para el electrodo de referencia y probeta.



- ✓ Cables para la toma de potencial.
- ✓ Cables para los sistemas puesta a tierra.

### 8.7. TOMAS DE POTENCIAL.

Para un mejor control del sistema de protección se instalarán tomas de potencia simple cada 1 km coincidiendo con carretas o caminos y en todos los cruces especiales en que se instalen vainas de protección de la tubería.

Además se instalarán tomas de potencial con descargadores en todas las juntas aislantes y sin descargadores en los cruces con otras tuberías que podrían cruzar. (Ver Figura 20).

En total se instalarán 296 tomas de potencial simple.



Figura 20. Modelo de Tomas de Potencial

### 8.8. JUNTAS AISLANTES.

Para proteger solamente la tubería enterrada se deberá colocar una junta aislante en el inicio de la conducción y al final. También en las entradas y salidas de las posiciones, estas juntas serán de tipo monobloc con las siguientes características. (Ver Figura 21).

- ✓ Material para la unión de la tubería: Acero al carbono.
- ✓ Rigidez dieléctrica entre sus extremos: > 3,5 kV.
- ✓ Tipo de unión a la tubería: Soldadura en cada uno de los extremos.
- ✓ Temperatura de trabajo: 50 °C.
- ✓ Temperaturas manométricas: 70 °C.





Figura 21. Modelo de Juntas Aislante.

Presión nominal: 80 bar.

Diámetro nominal: 32"

### 8.9. ELECTRODOS DE REFERENCIA.

Para el control automático de los equipos transforectificadores y la medida de potencial en los mismos se instalarán electrodos de referencia permanente de  $\text{Cu}/\text{CuSO}_4$  que serán colocados junto a la tubería enterrada y a la misma profundidad.

Este electrodo cobre-sulfato de cobre permanente está constituido de un cuerpo cerámico del cual, el electrodo de cobre está rodeado de sulfato de cobre en estado sólido.



ANEXO 6

**ESTACIONES DE REGULACIÓN Y MEDIDA GASODUCTO PERÚ  
CENTRO**

**ÍNDICE**

ANEXO 6.....	121
1. Concepto de Estación de Regulación y Medida. ....	121
2. Bases de Partida. ....	123
3. Descripción de la ERM.....	125
3.1. Esquema General de una Estación de Regulación de Medida.....	125
3.2. Instalaciones.....	126
3.3. Líneas de Regulación. ....	126
3.4. Filtros.....	128
3.5. Reguladores.....	129
3.6. Válvulas de Regulación.....	132
3.7. Calentamiento del Gas. ....	135
3.8. Elementos de Interceptación y aislamiento.....	136
3.9. Elementos de Medición.....	136
3.10.Elementos de seguridad eléctrica.....	136
3.11.Elementos de Control.....	136
3.12.Elementos de Telemedida.....	136
4. Dimensionado de la ERM. ....	137
4.1. Cálculo de Diámetros ....	137

**ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 22. Esquema General de una ERM. ....	126
Figura 23. Esquema de dos Líneas de Regulación.....	128
Figura 24. Esquema Regulador fijo BP, Regulación Directa. ....	130
Figura 25. Regulador con VIS de mínima Presión.....	133
Figura 26. Regulador con VIS de Máxima Presión.....	134
Figura 27. Válvulas de seguridad de Escape atmosférico o de alivio VES .....	135



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 29. Caudales en Puntos de Derivación. ....	124
Tabla 30. Resumen de las Bases de Partida. ....	125
Tabla 31. Resumen de espesores, velocidades y capacidad de la turbina.....	142



## 1. CONCEPTO DE ESTACIÓN DE REGULACIÓN Y MEDIDA.

Se denomina Estación de Regulación y medida, el conjunto de elementos (filtros, regulador de presión, tuberías, contador, válvulas de seccionamiento y de seguridad, bridas, etc.), que tienen por misión, reducir y mantener un valor constante a la presión de gas de salida de la misma. Asimismo controla y mide el volumen de gas suministrado al usuario. Sus límites son las válvulas de seccionamiento existentes en la entrada y salida de la misma, excluidas ambas.

El diseño y el cálculo de las Estaciones de Regulación y Medida para el gasoducto Perú Centro servirán como nuevas acometidas de suministro en los tres Puntos de Entrega en el recorrido de la conducción del gas natural.

PK<sub>1</sub> 275 + 800 ERM 80/16 bar.

PK<sub>2</sub> 419 + 800 ERM 80/16 bar.

PK<sub>3</sub> 592 + 000 ERM 80/16 bar.

El funcionamiento de una ERM una vez recibido el gas consiste en filtrarlo, calentarlo, reducirle la presión, enderezarlo, medir el volumen y servir mediante tuberías y espesores donde se establecerá dicho cálculo para cada ERM.

Según el *Manual del transporte de Gas* editado por Sedigas estas ERM pertenecen según su clasificación por los Niveles de Presión siendo de APB/APB por sus altas presiones de funcionamiento.

Según el tipo de consumo podemos definir los siguientes tipos de instalación:

- ✓ Interrumpible. (corte de suministro en cualquier momento).
- ✓ Continuo. (corte de suministro eventualmente).
- ✓ Crítico. (corte de suministro no está permitido).

## 2. BASES DE PARTIDA.

### 2.1. Suministrador de Gas natural.

El suministro del gas natural se llevará a cabo por medio del Gasoducto Perú Centro de 32" de diámetro.

Las características del fluido de este yacimiento ya vienen descritas en el Anexo 1.



## 2.2. Caudal.

El caudal viene definido por el suministro a tres poblaciones que tienen punto de entrega intermedios en dicho recorrido de la conducción: (Ver Tabla 29).

Tramo	PK <sub>i</sub> (km)	PK <sub>f</sub> (km)	L (km)	Q recibido m <sup>3</sup> (n)/h	Q entregada m <sup>3</sup> (n)/h	Localidad
OJ	0,0	275,8	275,8	480 000,0	254 244,7	Junín
JP	275,8	419,8	144,0	225 755,3	55 910,9	Pasco
PH	419,8	592,0	172,2	169 844,3	169 844,3	Huánuco

Tabla 29. Caudales en Puntos de Derivación.

## 2.3. Presión de Suministro.

El suministro de gas se llevara a cabo en alta presión siendo:

Presión máxima de Entrada, conexión Gasoducto:	81 bar.
Presión mínima de Entrada, conexión Gasoducto:	40 bar.
Presión de diseño de Entrada:	84 bar.
Presión máxima de Salida:	17 bar.
Presión mínima de Salida:	16 bar.
Presión de diseño de Salida:	20 bar.

## 2.4. Presión de Salida de la ERM.

La presión de salida en cada una de las ERM será de 16 bar para consumo de las poblaciones establecidas.

## 2.5. Temperatura de Suministro.

Como temperaturas límites de recepción en cada ERM será:

Máxima:	60 °C
Mínima:	5 °C
Cálculo:	15 °C (temperatura normal del transporte.)

Se tendrá en cuenta que la temperatura de salida de la ERM debe ser como mínimo de 10 °C por encima del punto de rocío del fluido. (Ver Tabla 30).



	<b>m<sup>3</sup> (n)/h</b>		
<b>Caudal</b>	<b>PE<sub>1</sub></b>	<b>PE<sub>2</sub></b>	<b>PE<sub>3</sub></b>
Demandado	254 244,70	55 910,90	169 844,30
De diseño	255 000,00	56 000,00	169 000,00
<b>Presión</b>	<b>PMS (bar)</b>	<b>PMS (bar)</b>	<b>PMS (bar)</b>
Entrada	80	80	80
Salida	16	16	16
<b>Temperatura</b>	<b>Max.</b>	<b>Mín.</b>	<b>Diseño</b>
Entrada	60 °C	5 °C	15 °C
Salida	15 °C	5 °C	15 °C

**Tabla 30. Resumen de las Bases de Partida.**

*PMS: Presión máxima de Servicio.*

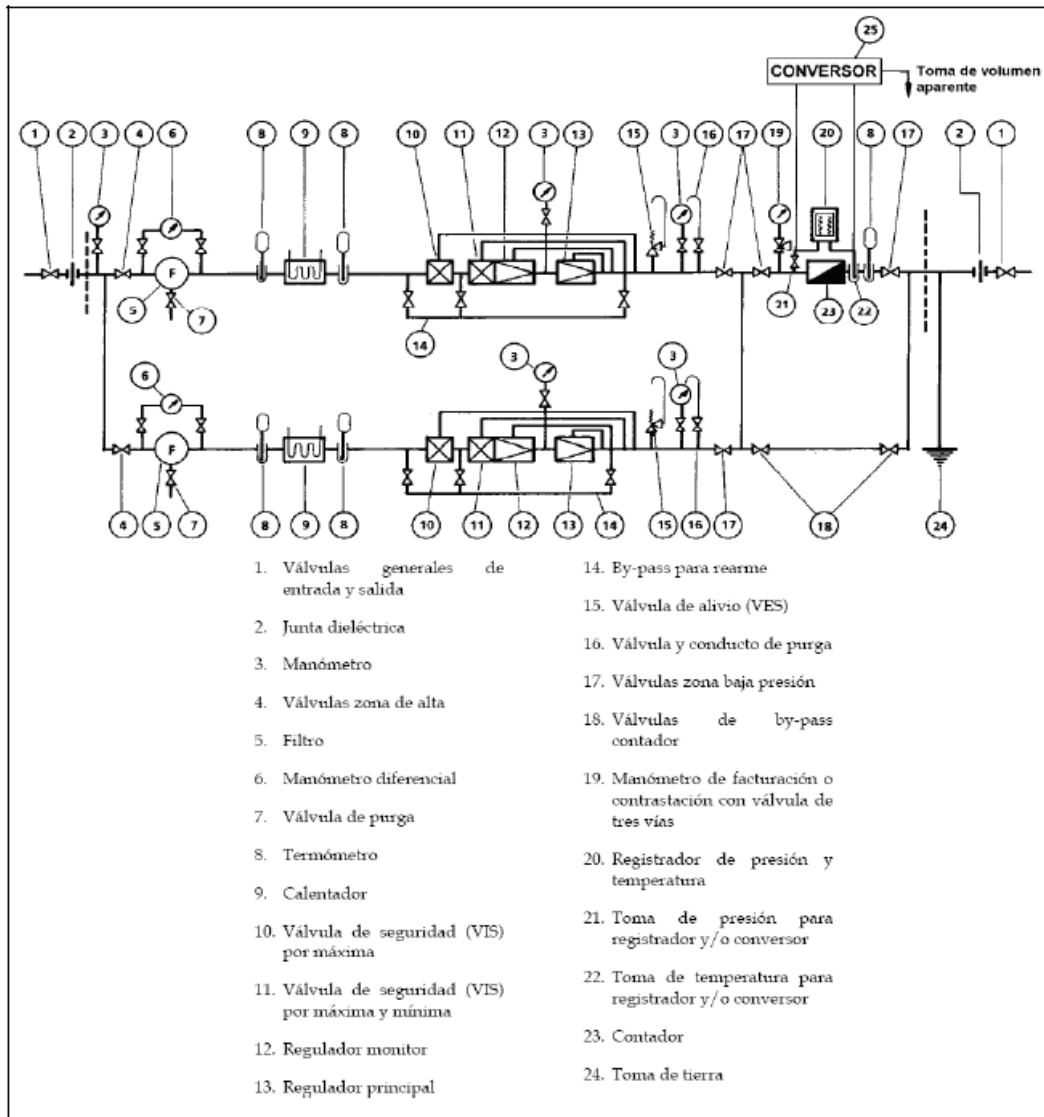
### 3. DESCRIPCIÓN DE LA ERM.

#### 3.1. ESQUEMA GENERAL DE UNA ESTACIÓN DE REGULACIÓN DE MEDIDA.

Los elementos que constituyen la ERM, que está compuesta por líneas iguales y se agrupan en los siguientes conjuntos funcionales:

- ✓ Elementos de regulación.
- ✓ Elementos de filtrado.
- ✓ Elementos de seguridad.
- ✓ Elementos de interceptación y aislamiento.
- ✓ Elementos de medición y montaje.
- ✓ Elementos de seguridad eléctrica.
- ✓ Elementos de control.
- ✓ Elementos de telemedida.
- ✓ Elementos de telemando.
- ✓ Elementos de precalentamiento de gas
- ✓ Complementos.

La ERM está diseñada para el caudal nominal quedando una línea siempre de reserva y las demás en servicio de funcionamiento tal como se muestra en el siguiente esquema. (Ver Figura 22).



**Figura 22. Esquema General de una ERM.**

*Fuente: UNE 60620-3 Instalaciones receptoras de gas natural a presiones superiores a 5 bar.*

### 3.2. INSTALACIONES.

Todas las ERM se edificarán en una parcela donde albergarán las zonas de gas (filtración, regulación de temperatura, presión y medición del caudal de gas), zona de calderas (generadores de agua caliente para la regulación de la temperatura), y la zona de control (presión, temperatura, presencia de gas, además el conversor de caudal).

### 3.3. LÍNEAS DE REGULACIÓN.

Las ERM son de tipo crítico, por lo que dispondrá de varias líneas de filtraje y regulación con sus correspondientes reguladores en serie por línea según el punto de entrega, tratando un regulador a un a presión superior que el



otro, con lo que la instalación trabajará con el de menor presión; si fallase este regulador quedando abierto, el otro regulador llevará la presión hasta su tarado.

Para las otras línea se procederá del mismo modo con una diferencia entre 0,5 bar y 1 bar con respecto a la primera línea. A este montaje se llama como monitor y principal (regulador principal el de menos presión y regulador monitor el otro).

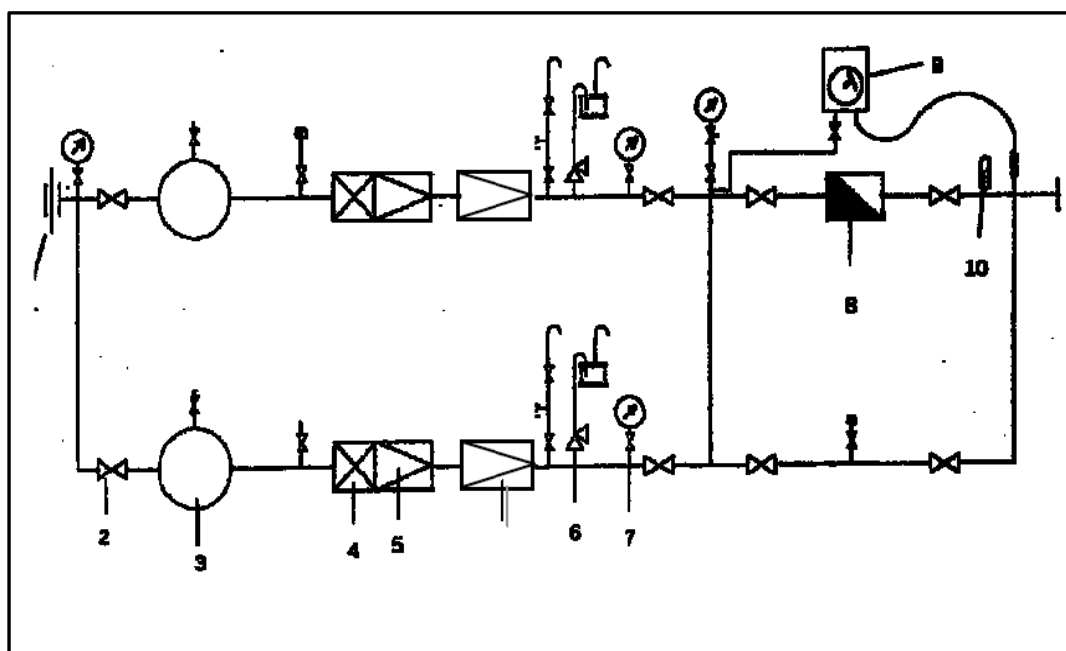
La estación comprende varias líneas de regulación, cada una de las cuales contará con los siguientes componentes:

- ✓ Junta Dieléctrica.
- ✓ Válvula de corte con bridas en las entradas y a las salidas de la línea de regulación.
- ✓ Filtro.
- ✓ Válvula de Seguridad (VIS).
- ✓ Regulador Principal.
- ✓ Regulador Monitor.
- ✓ Válvula de escape a la atmosfera.
- ✓ Manómetro.

Aguas debajo de ambas líneas de regulación se colocará Contador, Registrador Presión – Temperatura y un Termómetro.

A continuación una válvula de corte general, con cierre esférico y bridas correspondientes a la Norma DIN PN-16. (Ver Figura 23).





**Figura 23. Esquema de dos Líneas de Regulación.**

1. Junta Dieléctrica
2. Válvula de corte
3. Filtro
4. Válvula de Seguridad (VIS).
5. Regulador Principal.
6. Válvula de Escape a la atmosfera.
7. Manómetro
8. Contador
9. Registrados Presión – Temperatura
10. Termómetro
11. Regulador Monitor.

### 3.4. FILTROS.

El filtro tiene por objeto tener las impurezas arrastradas por el gas en su circulación. Este se colocará en la entrada de la ERM. Antes del regulador de presión.

El cuerpo del filtro es cilíndrico de acero con conexiones embridadas. Así mismo es su parte inferior existe una válvula de purga para poder evacuar al exterior las impurezas que se hayan acumulado en el fondo del mismo.

Los filtros deben estar equipados de un manómetro diferencial, colocado entre la entrada y salida del gas, que permita controlar la pérdida de carga



del cartucho, es decir, el grado de suciedad de los mismos.

El calibre del filtro se determina por el tipo de gas, presión de servicio y pérdida de carga admisible según la Norma UNE 19.002/52.

### 3.5. REGULADORES.

La finalidad del Regulador es reducir la entrada del gas a la ERM (Pe), a una presión predeterminada a la salida del mismo (Ps). Dicha presión de salida debe ser constante independientemente de las variaciones que pueda tener la presión de entrada y el consumo dentro de uno de los límites definidos.

La precisión será como mínimo de  $\pm 5\%$  de la presión de salida, para una gama de caudales comprendidos entre 5% y el 100 % del caudal nominal.

Existen dos tipos de reguladores:

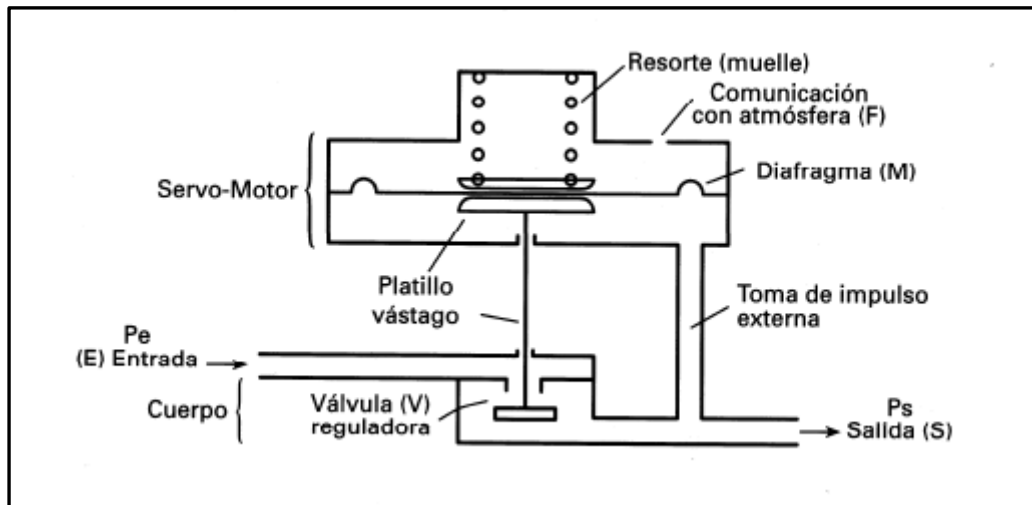
#### a) Regulador de acción directa:

La presión del gas a la salida es la que actúa directamente sobre el elemento sensible (diafragma), contrarrestado la acción de la presión atmosférica y la de un muelle. La presión de salida puede ser fija o variable. En caso de la falta de presión o cuando el diafragma se rompa, el regulador queda en posición abierta.

#### b) Reguladores de acción indirecta o pilotada.

Un segundo regulador llamado piloto regula la presión de gas a un valor inferior y cuya acción sustituye al muelle y a la acción de la presión atmosférica. En caso de la falta de presión o cuando la membrana se rompa, el regulador queda en posición cerrada. Esto supone una seguridad adicional.

*Los Reguladores de acción directa: Funcionamiento:* Los cuatro elementos esenciales de un regulador son: la válvula reguladora, el diafragma o membrana, el muelle y el mecanismo que conexas la membrana con la válvula reguladora. (Ver Figura 24).



**Figura 24. Esquema Regulador fijo BP, Regulación Directa.**

El gas pasa por la entrada E a la salida (S) del regulador a través de la válvula de regulación (V). La presión a la salida está determinada por la sección de paso entre el asiento y el obturador de la válvula.

Esta sección es mantenida constante gracias al equilibrio alcanzando a ambos lados del diafragma, entre la fuerza del resorte y la presión atmosférica por un lado y la presión del gas a la salida, por el otro.

El Servo-Motor contiene diafragma elástico, un resorte y un platillo solitario con el vástago del cuerpo. El diafragma divide al servo-motor en dos cámaras.

- ✓ La cámara superior se encuentra en comunicación directa con la atmosfera a través de un orificio "F".
- ✓ La cámara inferior de donde sale un pequeño conducto de diámetro reducido (Toma de impulso) que desemboca en el conducto de salida del regulador.

El Cuerpo contiene la válvula de control o regulación accionada por el vástago solidario con los movimientos del diafragma. La válvula (V) está compuesta por el asiento y el obturador.

Los reguladores deben llevar un filtro a la entrada para evitar pequeños corpúsculos puedan afectar la función de la válvula de regulación que traería como consecuencia el no cerrar la válvula a caudal cero (cuando no exista consumo).



Cuando existe variación del caudal, el diafragma oscila haciendo que la válvula (V) se estabilice en la posición que corresponde a la presión ajustada mediante el resorte. El gas de la cámara inferior sale hacia los aparatos, el diafragma desciende y la válvula de regulación se abre lo suficiente para permitir la salida del gas a una presión constante llamada presión regulada o presión de salida y con el valor correspondiente a la tensión que tenga el resorte.

Cuando existe variación del caudal, el diafragma se desplaza de arriba abajo, dentro de unos márgenes, variando la sección de salida de la válvula, permitiendo la salida del caudal solicitado, con una variación mínima de la presión.

Un aumento de la presión de entrada supone un aumento de la presión de salida lo que produce un empuje ascendente del diafragma.

El vástago de la válvula que es solidario con el diafragma también desciende por lo que el obturador reduce la sección de paso, incrementando la pérdida de carga, lo que contrarresta dicho aumento de presión.

Si la presión de salida disminuyera, por ejemplo, por rotura de la conducción aguas abajo, el diafragma descendiera vencido el equilibrio por la fuerza del resorte. La válvula se abrirá tendiendo a restablecer el equilibrio de presiones. En estos casos comprende que el regulador lleve dispositivo de corte de gas que actúe cuando descienda la presión por debajo de un valor mínimo establecido (VIS mínima).

En el caso de que no exista consumo (Caudal Cero), la presión en la cámara inferior vence al muelle y cierra la válvula de regulación. La presión debajo del diafragma alcanza el valor de cierre.

Montaje de los reguladores monitor-principal:

En el caso de consumos críticos, cada línea de regulación tendrá reguladores en serie. El primero de ellos, en el sentido del paso del gas, se denomina regulador monitor y el segundo regulador principal.

El regulador principal es el que mantiene la presión de salida, la finalidad del regulador monitor es, en caso del fallo del regulador principal, asegurar una presión de salida constante, ligeramente superior a la del principal. Así pues, en funcionamiento normal, el regulador monitor se encuentra totalmente abierto y el regulador principal es el que nos



mantiene la presión de salida. Si éste entrará en avería y nos aumentase la presión reguladora, el regulador monitor automáticamente tomaría a su cargo la regulación, dando una nueva presión de salida algo más alta que la anterior.

La denominación y presiones de tarado de los reguladores y la presión de tarado de las válvulas de seguridad en dos líneas de regulación por ejemplo serán:

### Línea 1 (línea UNO)

- ✓ Regulador Monitor.
- ✓ Regulador Principal.
- ✓ Válvula de seguridad máxima.
- ✓ Válvula de seguridad mínima.
- ✓ V.E.S.

### Línea 2 (línea DOS RESERVA)

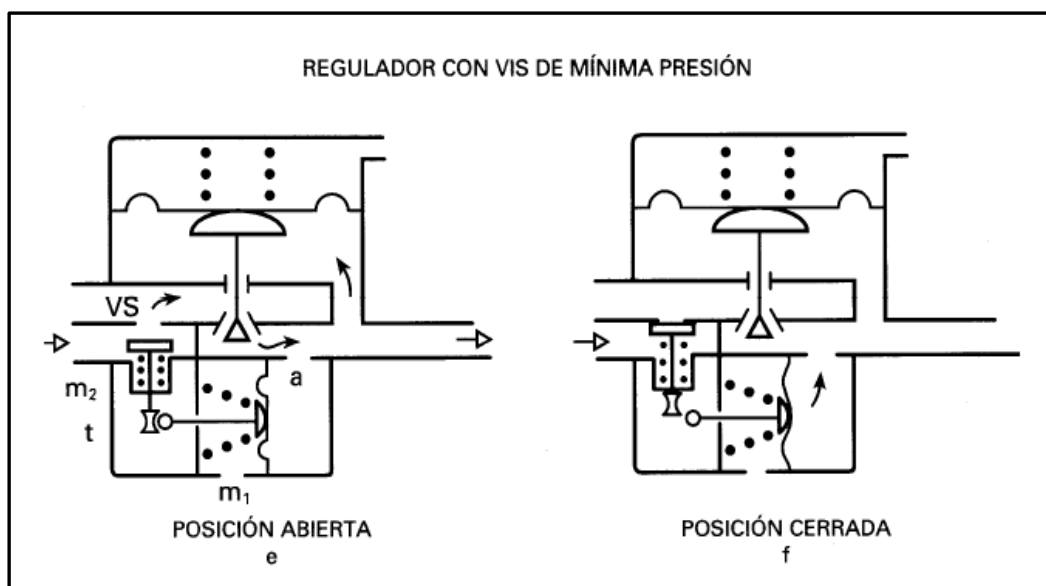
- ✓ Regulador Monitor.
- ✓ Regulador Principal.
- ✓ Válvula de seguridad máxima.
- ✓ Válvula de seguridad mínima.
- ✓ V.E.S.

## 3.6. VÁLVULAS DE REGULACIÓN.

### a) Válvula interruptora de seguridad por mínima presión (VIS de mínima)

La finalidad de esta válvula es la de cerrar la entrada de gas cuando la presión a la salida del regulador desciende por debajo de un valor prefijado de seguridad. (Ver Figura 25).

Como consecuencia del descenso de la presión podría producirse el apagado de los quemadores pequeños o de los ajustados a potencia reducida (pilotos, cocinas, etc.). En el caso de aparatos con seguro de encendido se desactivará éste, cerrándose el paso del gas del aparato. No ocurriría lo mismo con aparatos carentes del mismo pues al volver a normalizarse el suministro de gas, volvería a salir éste de forma incontrolada.

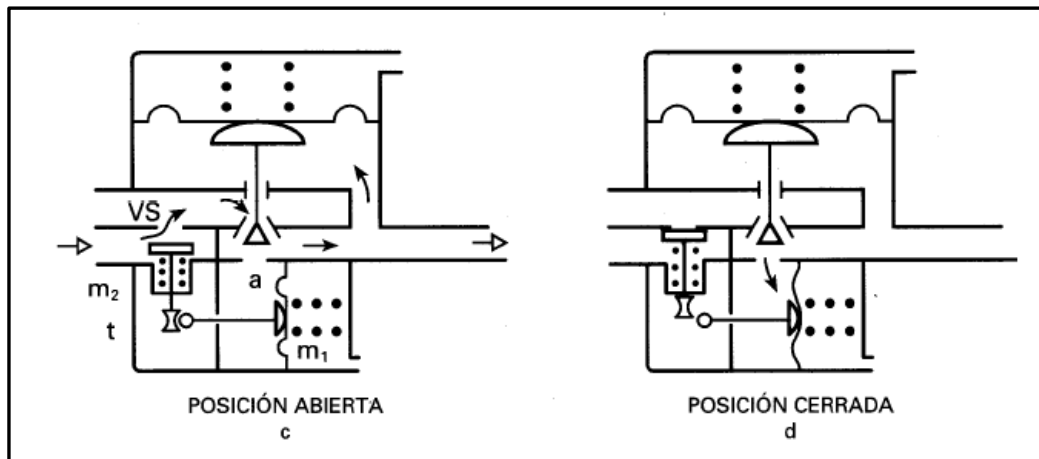


**Figura 25. Regulador con VIS de mínima Presión.**

En el caso de que la presión del gas a la salida del regulador descendiera por debajo de un valor mínimo prefijado, no podría contrarrestar la fuerza de reacción del muelle (m<sub>1</sub>) por lo que la membrana se desplazaría hacia la derecha, impulsada por dicho muelle. El trinquete (t) se desplazaría a la derecha librando a la (VS) que por reacción del muelle (m<sub>2</sub>) cierra la entrada del gas (también por la presión del propio gas.). Para rearmar la válvula habrá que desplazar su eje hacia abajo, venciendo la resistencia del muelle (m<sub>2</sub>).

## **b) Válvula interruptora de seguridad por mínima presión (VIS de máxima)**

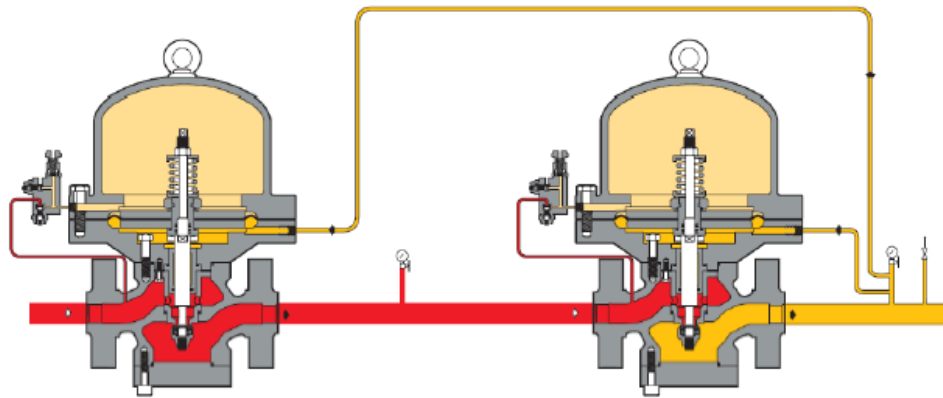
La finalidad de esta válvula es la de cerrar la entrada del gas cuando la presión a la salida del regulador supere un valor prefijado. Para reanudar el suministro, hay que desbloquearlo manualmente. Una de las posibles causas del aumento de presión (cuando no se consuma gas), es la falta de hermeticidad de la válvula de regulación para caudal cero. (Ver Figura 26).



**Figura 26. Regulador con VIS de Máxima Presión**

*Funcionamiento:* Durante el funcionamiento normal del regulador, el gas pasa por la válvula de seguridad (VS) que se encuentra abierta, atravesando la válvula de la regulación (v) como modelo convencional. Caso de producirse un aumento de la presión de salida por encima del valor prefijado, la presión actuaría a través del orificio (a) sobre la membrana inferior desplazándola hacia la derecha, venciendo la reacción del muelle (m1). El trinquete (t) libera al eje de la VS, que por la acción del muelle (m2) cierra la entrada del gas (la presión del propio gas ayuda a mantenerla cerrada). Para rearmar la válvula habría que desplazar manualmente su eje hasta abajo, venciendo resistencia del muelle (m2) (previamente hay que cerrar la llave de corte situada a la entrada). El muelle m1 determina el valor de la presión de cierre.

Las válvulas de escape de seguridad (VES) tienen por finalidad evitar sobrepresiones que se puedan producir después de la línea de regulación debida a una eventual falta de estanquidad del regulador principal y de la VIS, por lo cual su diámetro es relativamente pequeño. (Ver Figura 27).



**Figura 27. Válvulas de seguridad de Escape atmosférico o de alivio VES**

En caso de estanquidad deficiente de la válvula de seguridad (VIS), la válvula de seguridad debe evacuar el 5% del caudal nominal del a ERM con el fin de evitar sobrepresión a la salida del regulador, evacuando a la atmosfera a través de un conducto adecuado.

La VES debe cumplir los siguientes requisitos:

- ✓ Intervalo de funcionamiento mínimo entre el 90% y el 110% de la presión de tarado de la válvula.
- ✓ Precisión de funcionamiento +/- 10% de la presión de tarado.
- ✓ Tipo de resorte con membrana o pilotada.
- ✓ Ubicación: Aguas abajo del regulador principal y de la toma de presione de la válvula de interrupción de seguridad.

### 3.7. CALENTAMIENTO DEL GAS.

Una vez filtrado el gas se deberá calentar el fluido para que, después de la expansión producida en la reducción de la presión en el regulador, su temperatura sea de 10 °C por encima del punto de rocío y así evitar formación de hielo en el exterior de la tubería. Para ello la instalación se compone de intercambiadores de calor, calderas de potencia térmica necesaria, sistema de agua caliente y cuadro de control.

Para evitar la congelación de los pilotos de todas las válvulas reguladoras y de seguridad también será necesario efectuar un calentamiento que circule por estos mismos. Este calentamiento del gas no superará los 33,5 °C y el agua caliente los 90 °C según especificación de Enagás.





### 3.8. ELEMENTOS DE INTERCEPTACIÓN Y AISLAMIENTO.

Los elementos de interceptación son las válvulas, cuya función será de interceptar el gas o aislar los otros elementos entre sí para efectuar las correspondientes operaciones de servicio, by-pass o mantenimiento.

Las válvulas de entrada y salida de las líneas podrán ser de paso reducido, pero manteniendo la construcción del cuerpo en acero al carbono de la clase ANSI 300.

Los diámetros de las válvulas corresponderán al mismo de la línea tanto de entrada y salida. Los cálculos se observarán posteriormente.

### 3.9. ELEMENTOS DE MEDICIÓN.

Será necesario cuantificar con precisión la medida del gas para realizar el pago correspondiente a la cantidad exacta de gas recibido y para ello se pueden medir en base a dos variables:

- ✓ Volumen ( $m^3$ ) que se llevará a cabo por contadores de turbina equipados con sistemas de corrección de presión (P), temperatura (T) y factor de compresibilidad (Z) y conversores PTZ.
- ✓ Energía ( $kWh/m^3$ ) que se llevará a cabo mediante un calorímetro o cromatógrafo.

### 3.10. ELEMENTOS DE SEGURIDAD ELÉCTRICA.

Todos los elementos de la ERM tienen que estar con puesta eléctricamente a tierra, con el fin de aislar eléctricamente la zona de trabajo, tanto el colector de entrada como el de salida contarán con juntas aislantes o dieléctricas.

### 3.11. ELEMENTOS DE CONTROL.

Los elementos de control para la medición de todas las variables y condiciones de funcionamiento serán con manómetros, termómetros, registradores, transmisores y convertidores.

### 3.12. ELEMENTOS DE TELEMEDIDA.

La Unidad Remota (UR) instalada es un equipo electrónico cuya función es adquirir, de una forma continua, los parámetros y cambios de estado de los elementos que permiten controlar eficazmente la operación de redes de transporte y distribución de gas.

Esta UR se encuentra en la sala de control de la ERM donde se recojan todos los datos de incidencias y fallos que pueda ocurrir en el funcionamiento de la ERM para el control.



## 4. DIMENSIONADO DE LA ERM.

El dimensionado de las ERM se hará para cada punto de entrega, con el fin de suministrar el caudal de diseño correspondiente para cada punto.

Los diámetros de la tubería de entrada y de salida de la ERM se deben establecer limitando la velocidad de circulación del gas natural en ellas a 30 m/s en la entrada y a 20 m/s en la salida.

Para el cálculo se tomará como valor de referencia de la velocidad 10 m/s.

El número de líneas de salida será dos, una siempre permanecerá de reserva en caso de fallo de la que está operativa.

### 4.1. CÁLCULO DE DIÁMETROS

Según la fórmula de Renouard con respecto a la velocidad:

$$V_{\left[\frac{m}{s}\right]} = 378 \cdot \frac{Q_{\left[\frac{m^3(n)}{h}\right]} \cdot Z}{P_{[bar_a]} \cdot D_{[mm]}^2}$$

$$D_i[mm] = \sqrt{378 \frac{Z \cdot Q_{\left[\frac{m^3(n)}{h}\right]}}{P_{[bar_a]} \cdot v_{\left[\frac{m}{s}\right]}}}$$

- V: Velocidad del gas.
- Q: Caudal trasegado.
- Z: Factor de Compresibilidad.
- P: Presión de Servicio (a).
- D: Diámetro interior de la tubería.

El espesor de la tubería se determinará según la fórmula de Barlow, en cuya fórmula se incorporan coeficientes de soldadura del material y de seguridad propios de las instalaciones de gas:

$$e(mm) = \frac{P \cdot D_e}{20 \cdot \sigma \cdot F \cdot C}$$



- P: Presión (bar).  
De: Diámetro exterior de la tubería (mm).  
 $\sigma$ : Límite elástico de la tubería N/mm<sup>2</sup>.  
F: Factor de construcción según la categoría de emplazamiento.  
C: Factor de eficiencia de soldadura.

El resultado de los cálculos para cada ERM en cada Punto de Entrega se presenta a continuación:

**Para el Punto de Entrega: 1**

PK: 275 + 800.

Tramo: OJ

	Colector de Entrada	Conducción antes de la Regulación	Conducción tras de la Regulación	Colector de salida
Presión bar (a)	81	81	17	17
Q m <sup>3</sup> (n) /h	255 000	255 000	255 000	255 000
Z	0,8	0,8	0,8	0,8
Velocidad (m/s)	10	10	10	10
Dint. (mm)	308,54	308,54	673,50	673,50
Dint. (")	14	14	28	28

Dentro de la ERM existe un colector de entrada, un colector de salida, y las líneas. En los colectores circula todo el caudal y tendrán el diámetro que le corresponda. En las líneas circula el caudal / (número de líneas-1) y su diámetro suele ser  $\leq 14"$  por temas de costes de valvulería, elementos de medida, etc.

Para establecer las líneas entre el colector de entrada y salida establecerá el cálculo del número de líneas de la ERM:

**Colector de Entrada:**

$$\begin{aligned} A \text{ de } 14'' &= 0,0993 \text{ m}^2. \\ A/4 \text{ líneas} &= 0,0248 \text{ m}. \\ r \text{ de cada línea} &= 4'' \\ D \text{ de cada línea} &= 8'' \end{aligned}$$

**Colector de Salida:**

$$\begin{aligned} A \text{ de } 28'' &= 0,3973 \text{ m}^2. \\ A/4 \text{ líneas} &= 0,0993 \text{ m}. \\ r \text{ de cada línea} &= 7'' \\ D \text{ de cada línea} &= 14'' \end{aligned}$$

Número de líneas para la ERM = 5 líneas.



Diámetros seleccionados para la ERM en el PE<sub>1</sub> incluida la de reserva.

Colector de entrada:	8" Debido a la conexión con la conducción previa a la regulación
Conducción previa a regulación:	8 " Debido a la conexión con el filtro y el intercambiador de calor.
Conducción tras regulación:	14 " Debido a la conexión con el contador de turbina.
Colector de salida:	14 " Debido a la conexión con la conducción tras regulación.

Para el cálculo de la velocidad en cada línea:

	Tubería de 8"	Tuberías de 14"
Presión (bar)	81	17
Diámetro (mm)	203,2	355,6
$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> )	415	415
F	0,72	0,72
C	1	1
e Calculado (mm)	2,75	1,01
Q m <sup>3</sup> (n) /h	63 750	63 750
Z	0,8	0,8
Dint. (mm)	203,2	355,6
Velocidad (m/s)	5,76	8,97

Se comprueba que en esta Estación de Regulación se cumple que la velocidad de entrada no es mayor a 30 m/s y en la salida no es mayor a los 20 m/s.

**Para el Punto de Entrega: 2**  
 PK: 419 + 800.  
 Tramo: JP

	Colector de Entrada	Conducción antes de la Regulación	Conducción tras de la Regulación	Colector de salida
<b>Presión bar (a)</b>	81	81	17	17
<b>Q m3 (n) /h</b>	56.000	56.000	56.000	56.000
<b>Z</b>	0,8	0,8	0,8	0,8
<b>Velocidad (m/s)</b>	10	10	10	10
<b>Dint. (mm)</b>	144,6	144,6	315,6	315,6
<b>Dint. (")</b>	6	6	14	14



En esta ERM cumple las condiciones comerciales por lo que se considerará solo 2 líneas de Regulación incluida la de reserva.

Diámetros seleccionados para la ERM en el PE<sub>2</sub> incluida la de reserva.

Colector de entrada:	de 6" Debido a la conexión con la conducción previa a la regulación
Conducción previa a regulación:	6 " Debido a la conexión con el filtro y el intercambiador de calor.
Conducción tras regulación:	14 " Debido a la conexión con el contador de turbina.
Colector de salida:	14 " Debido a la conexión con la conducción tras regulación.

Para el cálculo de la velocidad en cada línea:

	Tubería de 6"	Tuberías de 14"
Presión (bar)	81	17
Diámetro (mm)	152,4	355,6
$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> )	415	415
F	0,72	0,72
C	1	1
e Calculado (mm)	2,07	1,01
Q m <sup>3</sup> (n) /h	56 000	56 000
Z	0,8	0,8
Dint. (mm)	152,4	355,6
Velocidad (m/s)	9,00	7,88

Se comprueba que en esta Estación de Regulación se cumple que la velocidad de entrada no es mayor a 30 m/s y en la salida no es mayor a los 20 m/s.

**Para el Punto de Entrega: 3**

PK: 592 + 000.

Tramo: PH

	Colector de Entrada	Conducción antes de la Regulación	Conducción tras de la Regulación	Colector de salida
Presión bar (a)	81	81	17	17
Q m <sup>3</sup> (n) /h	169 000	169 000	169 000	169 000
Z	0,8	0,8	0,8	0,8
Velocidad (m/s)	10	10	10	10
Dint. (mm)	251,18	251,18	548,29	548,29
Dint. (")	10	10	22	22



Dentro de la ERM existe un colector de entrada, un colector de salida, y las líneas. En los colectores circula todo el caudal y tendrán el diámetro que le corresponda. En las líneas circula el caudal / (número de líneas-1) y su diámetro suele ser  $\leq 14''$  por temas de costes de valvulería, elementos de medida, etc.

Para establecer las líneas entre el colector de entrada y salida establecerá el cálculo del número de líneas de la ERM:

**Colector de Entrada:**

A de 10"	=	0,0507 m <sup>2</sup> .
A/3 líneas	=	0,0169 m.
r de cada línea	=	3"
D de cada línea	=	6"

**Colector de Salida:**

A de 22"	=	0,2452 m <sup>2</sup> .
A/3 líneas	=	0,0817 m.
r de cada línea	=	7"
D de cada línea	=	14"    Número de líneas para la ERM = 4 líneas.

Diámetros seleccionados para la ERM en el PE<sub>3</sub> incluida la de reserva.

Colector de entrada:	de	6" Debido a la conexión con la conducción previa a la regulación
Conducción previa a regulación:		6 " Debido a la conexión con el filtro y el intercambiador de calor.
Conducción tras regulación:	tras	14 " Debido a la conexión con el contador de turbina.
Colector de salida:		14 " Debido a la conexión con la conducción tras regulación.

Para el cálculo de la velocidad en cada línea:

	Tubería de 6"	Tuberías de 14"
Presión (bar)	81	17
Diámetro (mm)	152,4	355,6
$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> )	415	415
F	0,72	0,72
C	1	1
e Calculado (mm)	2,07	1,01
Q m <sup>3</sup> (n) /h	56 333	56 333
Z	0,8	0,8
Dint. (mm)	152,4	355,6
Velocidad (m/s)	9,06	7,92



Se comprueba que en esta Estación de Regulación se cumple que la velocidad de entrada no es mayor a 30 m/s y en la salida no es mayor a los 20 m/s.

Para determinar la capacidad de cada turbina que nos permitirá medir el caudal a servir se usará la siguiente fórmula:

$$V = \frac{V_n \cdot P_n \cdot T \cdot Z}{P \cdot T_n \cdot Z_n}$$

V	Volumen en condiciones de salida m <sup>3</sup>	
V <sub>n</sub>	Volumen en condiciones normales m <sup>3</sup>	255 000
P	Presión de salida bar (a)	17
P <sub>n</sub>	Presión en con normales bar (a)	1
T	Temperatura en condiciones de salida K	283,15
T <sub>n</sub>	Temperatura en condiciones normales K	273,15
Z <sub>n</sub>	Factor de compresibilidad en condiciones Normales.	1
Z	Factor de compresibilidad en condiciones de salida.	0,8

Finalmente en la siguiente tabla se resume los espesores, velocidades y capacidad de las turbinas de cada ERM en su correspondiente posición. (Ver Tabla 31).

ERM		Diámetros	e (mm) teórico	e (mm) comercial	Velocidad (m/s)	Capacidad de las Turbinas (m <sup>3</sup> / h)
PE1	ENTRADA	8"	2,75	2,77	5,8	12439,32
	SALIDA	14"	1,01	3,96	9,0	
PE2	ENTRADA	6"	2,07	2,77	9,0	2731,77
	SALIDA	14"	1,01	3,96	7,9	
PE3	ENTRADA	6"	2,07	2,77	9,1	8244,10
	SALIDA	14"	1,01	3.96	7,9	

**Tabla 31. Resumen de espesores, velocidades y capacidad de la turbina.**



## GASODUCTO PERÚ CENTRO



En la ERM del PE<sub>1</sub> tendrá 4 líneas operativas y (1) en reserva, la ERM del PE<sub>2</sub> tendrá 1 líneas operativa y (1) en reserva y finalmente la ERM del PE<sub>3</sub> tendrá 3 líneas operativas y (1) en reserva.

En todas las estaciones se cumple que la velocidad de entrada no sea mayor a 30 m/s, y en la salida no exceda 20 m/s.





## ANEXO 7

### ESTACIÓN DE COMPRESIÓN

#### ÍNDICE

ANEXO 7.....	144
1. Conceptos generales: .....	145
2. Tipos de Estaciones de Compresión.....	146
2.1. Estación de Cabecera. ....	146
2.2. Estación de Gasoducto. ....	146
2.3. Estación de Almacenamiento Subterráneo.....	146
2.4. Estación de reinyección de gas natural en un yacimiento de petróleo. ....	147
3. Características del transporte del fluido. ....	147
4. Características de la Estación de Compresión.....	148
4.1. Funcionamiento Básico de una Estación de Compresión. ....	148
4.2. Esquema de una EC. ....	149
4.3. Compresores. ....	150
4.4. Características del gas natural del Yacimiento Cuzco –Perú.....	151
5. Descripción de una Estación de compresión de Gas natural. ....	152
5.1. Sistemas de la Estación. ....	152
5.2. Sistema de Control de la Estación. (S.C.E.).....	154
5.3. Sistema de Control Anti bombeo. ....	155
6. Dimensionado de la EC de cabecera. ....	156
6.1. Bases de partida. ....	156
6.2. Formulas utilizadas.....	156

#### ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 28. Capacidad Gasoducto 32 “, 80 bar .....	148
Figura 29. Funcionamiento de una Estación de Compresión.....	149
Figura 30. Principales conjuntos y procesos de la turbina de Gas. ....	151
Figura 31. Esquema típico de control “anti - bombeo”.....	155

#### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 32. Composición del Gas del Yacimiento de Camisea – Cuzco.....	151
----------------------------------------------------------------------	-----



## 1. CONCEPTOS GENERALES:

El transporte del fluido tiene la concepción de que a través de la instalación de EC se eleva la presión del gas hasta 72/80 bar, mediante compresores, para maximizar la capacidad de transporte de los gasoductos.

ENAGAS establece que la presión máxima en las estaciones de compresión está comprendida entre 80 bar y 72 bar y en cuanto a la mínima de 40 bar a 50 bar, el gasoducto Perú Centro tiene una presión de diseño de 80 bar y una presión final de 50 bar tomando como referencia la relación CR (Ratio de Compresión) de 1,6 como algo habitual para una estación de compresión.

$$1,6 = \frac{P_{inicial}}{P_{final}}$$

Las EC también permiten elevar el caudal trasegado en un gasoducto, estos casos se ven en las ampliaciones de las EC al aumentar el número de clientes, sin embargo el objetivo principal de la EC en el gasoducto Perú Centro es la de compensar la pérdida de carga o disminución de presión entre el punto inicial que es el origen (Yacimiento las Malvinas – Cuzco) hasta el punto final que es la derivación en Huánuco comprendido de sus 592,00 km.

Las pérdidas de carga están en función principalmente del:

- ✓ Caudal.
- ✓ Diámetro.
- ✓ Longitud de la conducción.

Físicamente se concibe que para transportar un caudal dado, cuanto más se reduzca el diámetro de la tubería de transporte, más falta hará prepararlo en estaciones de compresión.

El gasoducto Perú Centro ha estimado tres diseños de transporte demostrado en el dimensionamiento del diámetro en primera aproximación de la tubería en el Anexo 2 donde la opción más adecuada obedece al orden económico, siendo una sola Estación de Compresión en cabecera.

También se deberá considerar que si se quisiera aumentar la presión por encima de los 80 bar no sería una opción económicamente interesante salvo casos especiales:



- ✓ Presión gratuita a la salida del yacimiento de gas y de un depósito subterráneo.
- ✓ Limitación tecnológica del diámetro de los tubos.

## 2. TIPOS DE ESTACIONES DE COMPRESIÓN.

Se pueden distinguir cuatro categorías principales de estaciones de compresión:

### 2.1. ESTACIÓN DE CABECERA.

Esta estación recibe el gas de una fuente de producción y lo comprime a la presión de la red. Los caudales son los de la red y sufren en consecuencia las mismas variaciones. La presión de aspiración del yacimiento es prácticamente constante, pero su valor puede ser muy diferente según los casos.

La presión de impulsión será en general constante e igual a la PMS (presión máxima de servicio) de la red.

### 2.2. ESTACIÓN DE GASODUCTO.

Está situada en un punto intermedio de la conducción y está destinado a recomprimir el gas hasta la presión requerida por las necesidades del transporte.

Supongamos un gasoducto donde que el caudal transportado varía entre dos límites:

- ✓ El  $Q_m$  (caudal mínimo) correspondiente a la capacidad máxima entre la estación 1 y el punto de entrega.
- ✓ El  $Q_M$  (caudal máximo) correspondiente a la capacidad máxima del tramo comprendido entre la  $EC_2$  y el punto de entrega. Supondremos que la  $EC_1$  comprime siempre hasta la PMS. Esta hipótesis corresponde a la menor energía global de compresión consumida para asegurar los caudales considerados.

En estas condiciones para cada valor del caudal comprendido entre  $Q_m$  y  $Q_M$  se podrá calcular, por aplicación de la fórmula clásica de pérdida de carga (Renouard), la presión de salida de la  $EC_2$ . (Se vieron estos cálculos en el dimensionado del diámetro en primera aproximación en el Anexo 3)

### 2.3. ESTACIÓN DE ALMACENAMIENTO SUBTERRÁNEO.

Estos almacenamientos son utilizados como elemento regulador sobre las redes ligadas a aprovisionamientos poco variables y a utilidades con fuerte modulación estacionaria. Durante los períodos con demanda débil, los excedentes de gas de los aprovisionamientos son inyectados en el almacenamiento, para ser posteriormente sacado cuando la demanda supere



los aprovisionamientos.

Puede ser necesario comprimir el gas natural:

- ✓ bien sea en la inyección solamente.
- ✓ bien sea en la extracción solamente.
- ✓ o bien alternativamente en la inyección y en la extracción.

La estación de compresión deberá poder satisfacer un punto cualquiera de funcionamiento en el interior de un rectángulo.

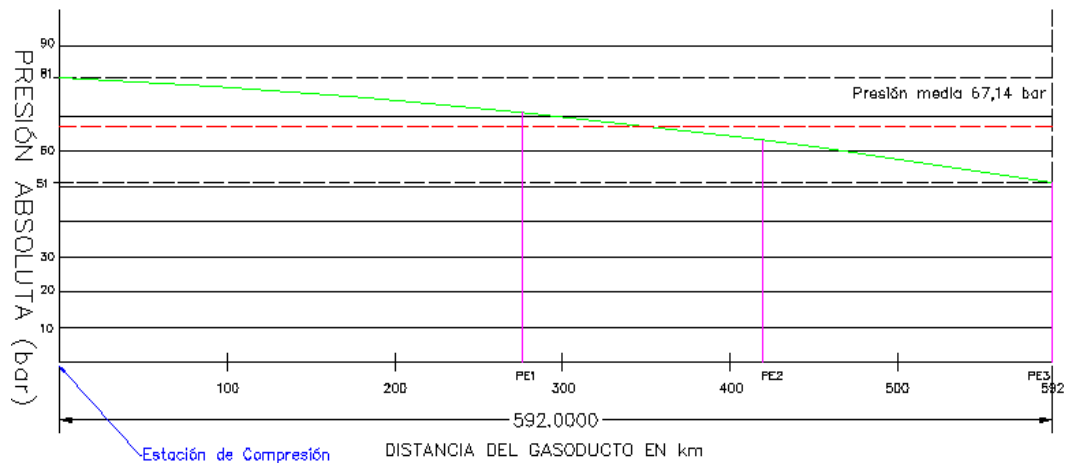
## **2.4. ESTACIÓN DE REINYECCIÓN DE GAS NATURAL EN UN YACIMIENTO DE PETRÓLEO.**

Uno de los procedimientos para mejorar la producción de los yacimientos de petróleo consiste en mantener la presión del depósito inyectado gas natural en el yacimiento. Teniendo en cuenta que las presiones de inyección pueden ser muy elevadas, la característica esencial de las estaciones de reinyección es su importante tasa de compresión. Tales compresiones no pueden ser obtenidas más que en varias etapas con refrigeración intermedia.

## **3. CARACTERÍSTICAS DEL TRANSPORTE DEL FLUIDO.**

La tubería es de acero API 5L Gr X-60 con las siguientes dimensiones:

Diámetro:	32" – 812,8 mm.
Longitud de la conducción:	592 000 m.
Presión inicial:	80 bar.
Presión final:	50 bar.
Caudal trasegado:	480 000 m <sup>3</sup> (n) /h.



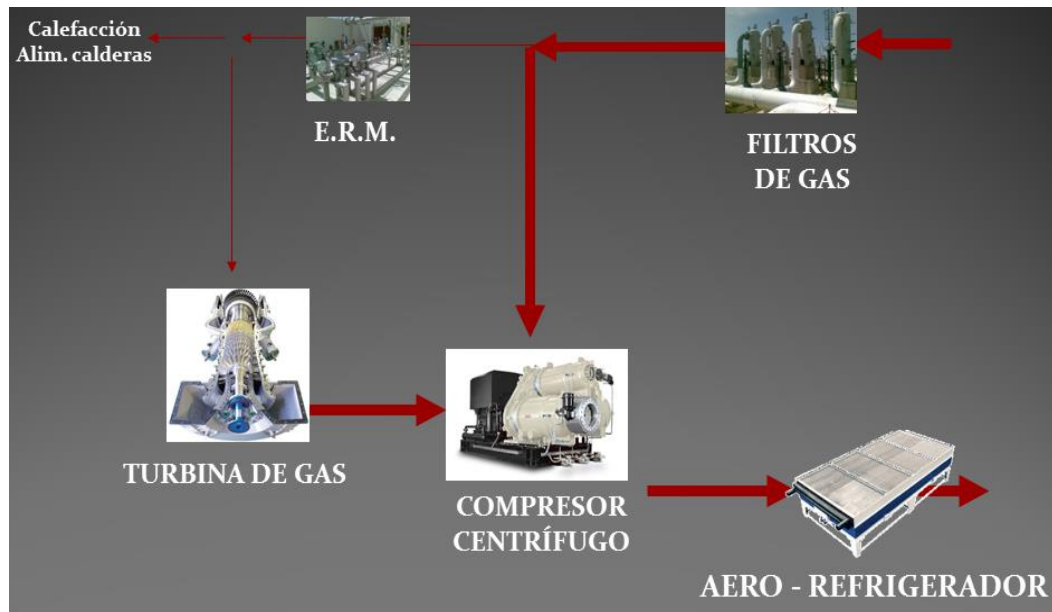
**Figura 28. Capacidad Gasoducto 32 “, 80 bar**

Los puntos de entrega intermedios (2) y el punto final se harán por medio de las ERM que se ha desarrollado en el Anexo 6. Para el diseño y dimensionado se deberá considerar las variaciones de flujo que se puedan producir en la misma tanto desde el punto de vista de su evolución (a medio y largo plazo) como su modelación (variaciones diarias de caudal según la demanda).

## **4. CARACTERÍSTICAS DE LA ESTACIÓN DE COMPRESIÓN.**

### **4.1. FUNCIONAMIENTO BÁSICO DE UNA ESTACIÓN DE COMPRESIÓN.**

Una EC luego de recepcionar el fluido por intermedio de válvulas, filtra el fluido de posibles partículas o gotas, luego un turbocompresor impulsará el gas comprimido a través de las líneas de bombeo canalizando estas líneas a un colector principal de impulsión y antes de entrar a la conducción principal (gasoducto) el fluido pasará por los aerorefrigeradores en caso de exceder los 50 °C haciendo uso del aero-refrigerante o no de acuerdo a su temperatura de paso por un by-pass. (Ver Figura 29).



**Figura 29. Funcionamiento de una Estación de Compresión.**

## 4.2. ESQUEMA DE UNA EC.

Una típica EC tendrá la siguiente estructura con la finalidad de que en un futuro se diseñe una posible ampliación de líneas y consta de:

- ✓ Trampas de rascadores; para limpiar y vigilar la tubería.
- ✓ Filtros ciclónicos; para limpiar el gas y protegerá equipos y compresores.
- ✓ Separadores; para eliminar el gas condensado.
- ✓ Turbocompresores; para la elevación de la presión del gas, movidos por turbinas alimentadas por el gas que se transporta.
- ✓ Aerorefrigeradores; para disminuir la temperatura del gas a la adecuada línea después de la compresión.
- ✓ Válvulas de control; para regular el caudal transportado.
- ✓ Líneas de by-pass; para la puesta a presión de la estación.
- ✓ Válvulas de seguridad; para la protección de equipos y línea.
- ✓ Circuito antibombeo; para que la instalación pueda trabajar con los caudales inferiores a los mínimos exigidos por el compresor.
- ✓ Equipos de medida; para medición del gas y mando de la válvula de control.
- ✓ Circuito de gas; para los servicios de la estación para alimentar la turbina del compresor.



### 4.3. COMPRESORES.

Es una máquina que permite elevar la presión de un gas del mismo modo que una bomba sirve para elevar la presión de un líquido.

La compresión del gas se puede obtener por dos principios diferentes:

- ✓ Por reducción del volumen. (Compresión volumétrica.)
- ✓ Por aumento de la velocidad del fluido. (Compresión dinámica.)

#### a) Compresores Alternativos.

Tiene por principio comprimir el gas por medio de un Reducción Volumétrica, generalmente los compresores alternativos o recíprocos usan este principio impulsado principalmente por motores de tipo alternativo o motores eléctricos por medio de un pistón que comprime el gas aprisionándolo en el interior con un movimiento alternativo comprimiéndolo por reducción directa de su volumen. Mediante este proceso la energía mecánica que aporta un motor desde el interior del compresor, se transforma en gas presión. Estos se usan principalmente en almacenamientos subterráneos por permitir obtener mayores relaciones de compresión.

Las ventajas que ofrecen este tipo de compresores es el incremento de presión de impulsión desde 1 bar a 2 000 bar y una potencia desde algunos kilovatios a más de 10 000 kW, funcionamiento regulable en función de la variación del caudal y rendimientos adiabáticos importantes.

Sin embargo estos compresores precisan fundamentos importantes debido al elevado peso de la máquina y fuerzas no equilibradas, además de ello necesitan un continuo mantenimiento e importante y debido al caudal discontinuo pueden producir pulsaciones con resonancia por lo que eventualmente pueden precisar de botellas antipulsatorias y acústico en las tuberías.

#### b) Compresores Centrífugos.

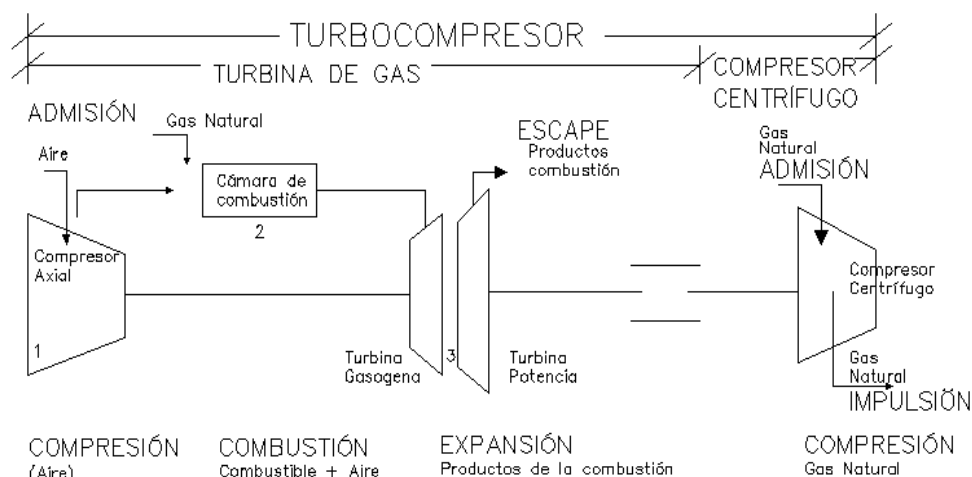
Los compresores centrífugos usan el segundo principio accionados generalmente por una turbina de gas (grupo turbocompresor) y se instalan en los gasoductos. (Ver Figura 30). En estos compresores el aumento de la velocidad del fluido lo realiza una o varias ruedas de álabes (rotores) que giran a gran velocidad impulsándolo contra otros álabes fijos al cuerpo fijo del compresor (estator). Entre ambos conjuntos de álabes someten al gas a



una serie cambios de dirección y velocidad que incrementan la energía cinética. Luego el gas pasa por una sección creciente (difusor) donde se expande y al que transforma parte de su energía cinética en incremento de presión.

Las ventajas que ofrecen estos compresores es la capacidad de impulsión hasta 400 bar, una cimentación poco importante, un funcionamiento continuo sin pulsaciones ni vibraciones, un mantenimiento pequeño y el consumo de aceite es muy reducido.

Sin embargo tiene inconvenientes como que su rendimiento es pequeño y disminuye rápidamente a medida que nos alejamos del punto de diseño, la necesidad de funcionar con caudales elevados y puede existir el riesgo de bombeo que precisaremos más adelante.



**Figura 30. Principales conjuntos y procesos de la turbina de Gas.**

## 4.4. CARACTERÍSTICAS DEL GAS NATURAL DEL PERÚ.

### a) Composición media.

CONSTITUYENTE PRINCIPAL	FÓRMULA	PROMEDIO COMPOSICIÓN VOLUMÉTRICA (%)
Metano	CH <sub>4</sub>	83,90
Etano	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	8,07
Propano	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	2,95
Butano	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	1,26
n-Pentano	n-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	2,74
Nitrógeno	N <sub>2</sub>	0,98
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	0,10
TOTAL		100

**Tabla 32. Composición del Gas del Yacimiento de Camisea – Cuzco.**





## b) Otros constituyentes.

El Gas natural de este yacimiento también está constituido por otros constituyentes:

✓ Agua:	< 80 ppm
✓ Sulfuro de Hidrógeno:	< 2 mg/m <sup>3</sup>
✓ Azufre (mercaptanos):	<15 mg/m <sup>3</sup>
✓ Azufre (total):	< 50 mg/m <sup>3</sup>

Estos valores están a 15º C y 1 bar

## c) Principales características.

✓ Peso Molecular kg/kmol:	18,18
✓ Factor de Compresibilidad:	0,9
✓ Exponente Adiabático:	1,455/1,28
✓ Poder calorífico superior MJ/m <sup>3</sup> (n):	37,8

La clasificación estará dada en función del valor del Índice de Wobbe el cual indica la Intercambiabilidad entre gases desde el punto de vista de la aplicación final, para ello aquí en Europa se dividen en tres clases donde el Gas natural pertenece a la Segunda Familia junto al aire propanado de poder calorífico medio, cuyo valor va de 37,1 MJ/m<sup>3</sup>(n) al 54,7 MJ/m<sup>3</sup>(n).

## 5. DESCRIPCIÓN DE UNA ESTACIÓN DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL.

### 5.1. SISTEMAS DE LA ESTACIÓN.

La EC va a compensar las pérdidas de carga que se producen en ciertas condiciones en los productos de transporte mediante el uso de compresores centrífugos. Se usa este tipo de compresor porque permite vehicular caudales más elevados con una relación de compresión óptima.

#### a) Sistema de Gas Principal.

Comprende todas las líneas de gas y válvulas de la estación, incluyendo unidades auxiliares como el aerorefrigerante que es el encargado de enfriar el gas y los filtros ciclónicos encargados de preservar que el gas este limpio de impurezas o condensaciones. También pertenecen a este sistema la instrumentación de campo como son los manómetros, termómetros, presostatos, termostatos, transmisores de presión y temperatura.



### b) Sistema de Servicios Eléctricos.

Este sistema garantiza la continuidad del servicio eléctrico y están constituidas por cabinas de media tensión, transformadores, distribución en baja tensión, grupo electrógeno y sistemas de alimentación, a 24 V (cc) para la alimentación de la instrumentación de campo y sistema de control de las turbinas, a 110 V (cc) para la maniobra de los cuadros de media y baja tensión y para la alimentación de las bombas de emergencia de los turbocompresores y a 220 V (ca) para el sistema y control de la estación.

En condiciones normales estos equipos solo deben cubrir el intervalo de tiempo entre un fallo de la red externa y el arranque del grupo electrógeno.

### c) Sistema de contraincendios.

Van a proteger a la instalación de fuegos que se produzcan dentro y fuera de ella. Se pueden distinguir dos subsistemas:

- ✓ **Sistema D.C.I. de protección perimetral:** Concebido para proteger a la instalación de fuegos exteriores y consta de una bolsa para almacenamiento de agua, bomba “jockey” para la presurización de la red y suministro de agua de servicios, bomba principal y de reserva, deposito acumulador de membrana cuya finalidad es disminuir la frecuencia de arranque de las bombas “jockey”, una red de tuberías D.C.I. en anillo cerrado con hidrantes situados estratégicamente e instrumentación necesaria para el control y automatización del sistema.
- ✓ **Sistema D.C.I. en sala de control:**  
Estas están dotadas de detección y extinción de incendios, cubriéndose de esta manera el posible riesgo en los cuadros de control de las unidades y control de la estación por comprensión. El agente extintor es INERGEN.FE13, gas respirable, ya que esta sala puede albergar personal en el momento de producirse un incendio.
- ✓ **Sistema D.C.I. en salas eléctricas:**  
Tienen como función principal de detectar incendios en los cuadros eléctricos, centros de transformación y salas de telefonía y control. Los detectores más usados son de tipo cónico.
- ✓ **Sistema D.C.I. en venteos:**  
Tienen por objeto la detección y extinción de incendios en los silenciadores de la estación evitando que retroceso de la llama pueda



alcanzar a otras instalaciones vitales de la EC.

Sus detectores pueden ser de tipo ultravioleta y el agente extintor es CO<sub>2</sub>.

✓ **Sistema D.C.I. en ERM:**

Realiza detecciones de gas en las zonas de regulación y calderas y la detección de incendios en la sala de control de la ERM y en la zona de la caldera.

**d) Estación de Regulación y Medida.**

La función de suministrar en las condiciones adecuadas de limpieza, temperatura y presión, el gas combustible necesario para el funcionamiento del turbocompresor, suministrar gas para su arranque y proporcionar gas de servicio para la alimentación de las calderas.

Consta de cuatro líneas alimentadas desde un colector común. Las líneas de fuel gas (principal y reserva), línea de gas arranque, que es igual que las anteriores, pero, debido a que se utiliza sólo durante el gas de arranque del turbocompresor, no se controla la temperatura del gas sino que se aporta al máximo de energía mediante encendido de todas las calderas y finalmente línea de gas caldera (doble con principal y reserva).

Todas las alarmas que se producen en la ERM son transmitidas a sala de control, así como señales analógicas de presión, temperatura y caudal. De la misma manera se envía señales desde la sala de control para la puesta en marcha de todas las calderas y arrancar un turbo compresor.

### **5.2. SISTEMA DE CONTROL DE LA ESTACIÓN. (S.C.E.)**

Su función principal es la de garantizar la máxima seguridad en la explotación de la estación, desarrollar las secuencias de control según programas lógicos establecidos y regular las condiciones de trabajo de las máquinas para conseguir puntos de funcionamiento acordes con las consignas de operación de la instalación.

Consiste en una serie de equipos interconectados que permiten controlar la estación y comunicar con él, tanto de forma local como a distancia por telemando.

El sistema de control de estación integra en sus funciones los subsistemas de:

- ✓ Control de variables analógicas de la estación: caudal de bombeo, presión de aspiración e impulsión, temperatura de impulsión, registradores, rampas, limitadores de velocidad, etc.
- ✓ Control digital: apertura y cierre de válvulas, secuencias de puesta en marcha de turbocompresores, etc.
- ✓ Sistema de alarmas y bloqueos de estación.

Está conectado asimismo con el sistema de telecontrol y de control de unidad, para el intercambio de señales entre los tres sistemas.

### 5.3. SISTEMA DE CONTROL ANTI BOMBEO.

Con el fin de evitar efectos dañinos que sobre la máquina y la operación originasen las situaciones próximas al bombeo, toda unidad turbocompresora lleva instalado un sistema de control anti bombeo que consiste básicamente en un controlador que compara el punto de operación del compresor, a través de señales de campo, de caudal de aspiración (flow) y relación de compresión (head) con las curvas teóricas del propio compresor. (Ver Figura 31).

En el supuesto que nos aproximemos a una situación de bombeo, el controlador enviará una señal a una válvula de control que abrirá comunicando el colector de impulsión con el de aspiración de la unidad.

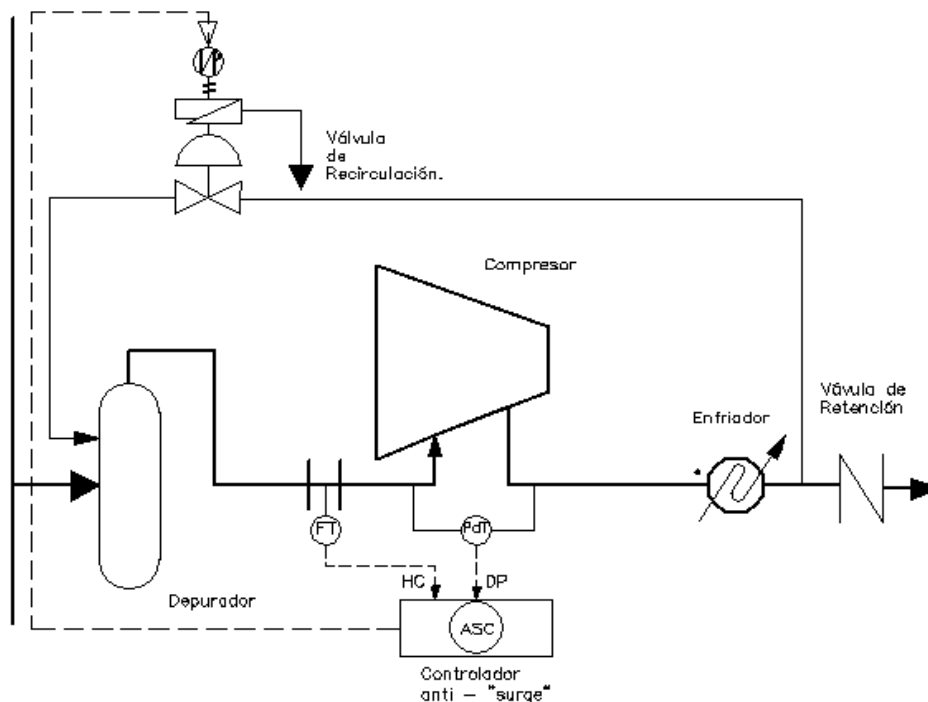


Figura 31. Esquema típico de control "anti - bombeo".



## 6. DIMENSIONADO DE LA EC DE CABECERA.

### 6.1. BASES DE PARTIDA.

Caudal:	480 000 m <sup>3</sup> (n)/h.
Presión (a) de aspiración (1):	44 bar.
Presión (a) de impulsión (2):	81 bar.
Peso molecular del gas de origen:	20,17 kg/kmol.

### 6.2. FORMULAS UTILIZADAS.

#### a) Cálculo de la altura adiabática.

$$H_{ad} = \frac{R}{M} \cdot \frac{1}{g} \cdot Z_1 \cdot T_1 \cdot \frac{K}{K-1} \cdot \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{K-1}{K}} - 1 \right]$$

Donde:

H<sub>ad</sub>: Altura adiabática, es una magnitud conceptualmente similar a la altura manométrica de las bombas que emplean para elevar líquidos. Equivale a la diferencia de las entalpías de una columna gaseosa tal que el gas en su parte superior esté en condiciones de impulsión dadas por el compresor y en la parte inferior de dicha columna esté en las condiciones de aspiración y se expresa en m.

R: Constante de los gases:	8 314,34 J/ (kmol · K)
g: Aceleración de la gravedad:	9,81 m/s <sup>2</sup> .
M: Peso molecular del gas:	20,17 kmol.
T: Temperatura de aspiración:	293,15°K.
Z: Factor de compresibilidad del gas:	0,91.

$$H_{ad} = 7\,032,85\,m$$

#### b) Determinación de la potencia de la Estación de Compresión.

$$P = \frac{Q \cdot \gamma \cdot H_{ad}}{75 \cdot 3\,600 \cdot \eta_{ad}}$$



$P$  = Potencia absorbida en cv (Caballos vapor)

$Q$  = Caudal de punta:  $480\,000\text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$

$\gamma$  = densidad relativa del gas:  $0,8425\text{ kg/ m}^3(\text{n})$

$H_{\text{ad}}$  = Altura adiabática requerida:  $7\,032,85\text{ m}$ .

$\eta_{\text{ad}}$  = Rendimiento adiabático:  $75\%$ .

$$P = 14\,045\text{ CV}$$

$$P = 10\,330\text{ kW}$$

Esta potencia sería la nominal (80%) determinada por la turbina de gas y para ello debemos considerar la potencia instalada.

$$P = 13\,000\text{ kW}$$



ANEXO 8

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.

ÍNDICE

ANEXO 8.....	158
1. Introducción. ....	159
1.1. Objetivos del Estudio.....	159
2. Marco Legal. ....	159
2.1. Normativas Generales: .....	160
2.2. Normativas Específicas.....	160
2.3. Autoridad Competente. ....	160
3. Estudio de alternativas.....	161
3.1. Descripción de las alternativas.....	161
4. Descripción del proyecto.....	161
4.1. Descripción de la Ejecución de obras.....	161
5. Descripción del medio potencialmente afectado. ....	166
5.1. Estudio Medio Físico. ....	167
5.2. Estudio Medio Biológico.....	167
5.3. Estudio Socio Económico y Cultural. ....	168
6. Identificación y Evaluación de Impactos Ambientales Potenciales. ....	168
7. Descripción de Impactos Ambientales Potenciales ....	169
7.1. Etapa de la Construcción.....	169
7.2. Etapa del Funcionamiento. ....	169

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 32. Pista de trabajo del gasoducto. ....	163
Figura 33. Localización del Trazado del Gasoducto Perú Centro. ....	167

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 33. Zona de Ocupación temporal. Pista de Trabajo. ....	162
Tabla 34. Dimensiones de la zanja. ....	163



## 1. INTRODUCCIÓN.

### 1.1. OBJETIVOS DEL ESTUDIO.

El perfil del Estudio de Impacto ambiental de la Construcción del Gasoducto Perú Centro de 592 000 m de longitud que atravesará las Provincias de Cuzco, Junín, Pasco y Huánuco.

Identificar y evaluar los impactos ambientales potenciales positivos y negativos que pueden ocurrir por la construcción del gasoducto, y sobre esta base proponer medidas para prevenir, mitigar o corregir impactos negativos, así como para fortalecer los impactos positivos; logrando de esta manera que la construcción y funcionamiento de esta obra se realice la conservación del ambiente.

Además de incorporar y suministrar el gas natural a las Provincias de Junín, Pasco y Huánuco, permitirá la diversificación energética, la opción de medidas de ahorro energético y la reducción de emisiones de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y CO<sub>2</sub> en la atmósfera.

## 2. MARCO LEGAL.

La legislación Ambiental, en nuestro país, ha logrado un significativo avance en éstas últimas décadas; pues, han sido promulgadas importantes normas que constituyen los instrumentos jurídicos para regular la relación entre el hombre y su ambiente, con el propósito de lograr el desarrollo sostenible de nuestro país. Esto se enmarca dentro de los grandes objetivos de la Política Energética y Ambiental, de introducción del gas natural y desarrollo de la gasificación de la Provincias que están dotadas de forma insuficiente de este recurso energético.

El cumplimiento de estas normas se viene fortaleciendo en los últimos años, en la medida que los actores del desarrollo van tomando conciencia sobre la necesidad de hacer un uso responsable de los recursos naturales y el ambiente en general.

Así podemos referirnos a un gran marco general y a otro específico dentro de los cuales vamos a encontrar las normas siguientes:





## 2.1. NORMATIVAS GENERALES:

- Constitución Política del Perú.
- Código del Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Ley Orgánica de Aprovechamiento de los Recursos Naturales.
- Ley del Consejo Nacional del Ambiente.
- Ley Marco del Sistema Nacional de gestión Ambiental.
- Código Penal – Delitos contra la Ecología.
- Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada.
- Ley General de Aguas.
- Ley de Evaluación de Impacto Ambiental para Obras y Actividades.
- Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental.
- Ley General de Expropiación.
- Reglamento de Control de Explosivos de Uso Civil.
- Ley Orgánica de Municipalidades.
- Ley General de Residuos Sólidos.
- Ley General de Amparo al Patrimonio Cultural de la Nación.
- Ley Forestal y de Fauna Silvestre.

## 2.2. NORMATIVAS ESPECÍFICAS.

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Dirección General de Asuntos Socioambientales.
- Registro de Entidades Autorizadas para la Elaboración de Estudios de Impacto Ambiental.
- Reglamento para la Inscripción en el Registro de Entidades Autorizadas para la Elaboración de Estudios de Impacto Ambiental.
- Aprovechamiento de canteras de materiales de construcción.
- Explotación de canteras.
- Reglamento de la Ley N° 26737, que regula la explotación de materiales que acarrean y depositan las aguas en sus álveos o cauces.
- Uso de Canteras en Proyectos Especiales
- Seguridad e Higiene
- Límites Máximos Permisibles y Estándares de Calidad Ambiental.

## 2.3. AUTORIDAD COMPETENTE.

El Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales (CMARN) establece en su artículo 50º que "...Las autoridades competentes para conocer sobre los asuntos relacionados con la aplicación de las disposiciones del CMARN es el CONAM y los Ministerios de los sectores correspondientes a las actividades que desarrollan las empresas, sin perjuicio de las atribuciones que correspondan a los Gobiernos Regionales y Locales conforme a lo dispuesto



en la Constitución Política...". En el caso de que el desarrollo de la actividad fuera capaz de causar un daño irreversible con peligro grave para el Medio Ambiente, la vida o la salud de la población, la autoridad sectorial competente podrá suspender los permisos, licencias o autorizaciones que hubiera otorgado para el efecto.

La construcción del gasoducto Perú Centro, involucra actividades que son de competencia del Ministerio de Energía y Minas; por lo tanto, este Ministerio es la autoridad competente para tratar los asuntos ambientales de la construcción.

### **3. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS.**

En este proyecto se tendrá en cuenta el interés público y se considerará que contribuirá al aumento de la competitividad y crecimiento de la economía de las provincias mencionadas. En este sentido, el gas natural, supone una herramienta para el desarrollo de las poblaciones que hará más eficaces, desde el punto de vista energético a los agentes productivos y promoverá una nueva dinámica industrial.

El objeto del Estudio de alternativas es minimizar el impacto de las obras que se llevarán a cabo con la ejecución del proyecto en una fase previa de diseño.

#### **3.1. DESCRIPCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS.**

Una vez elegido un trazado básico modificado por condicionantes ambiental, técnico, legal, etc., se deberá replantear el trazado presentado varios de trazados alternativos en un Plano de Síntesis Ambiental haciendo un estudio y una evaluación de los condicionantes ambientales (medio físico y socioeconómico) de cada una de las alternativas presentas para la elección de un trazado final.

### **4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.**

#### **4.1. DESCRIPCIÓN DE LA EJECUCIÓN DE OBRAS.**

##### **a) Replanteo y Balizado del Trazado.**

De forma previa a la construcción, se procederá a realizar un replanteo del eje del trazado autorizado de la conducción, así como de las posiciones de válvulas y obras anejas.



## b) Zona de Ocupación Temporal. Apertura de la Pista de Trabajo.

Esta operación del proyecto estará desinada a facilitar el acceso de materiales y maquinaria a la zanja en la que se enterrará la tubería. Con tiempo suficiente se comunicará a los propietarios del terreno, la resolución de ocupación temporal del terreno, que constituirá la pista de trabajo, en el ancho establecido en el proyecto. Durante la realización de la obras la maquinaria y el personal empleará la propia pista del Gasoducto para trabajar y desplazarse, por lo que, de forma general, no será necesario utilizar los caminos de la zona para acceder a la pista.

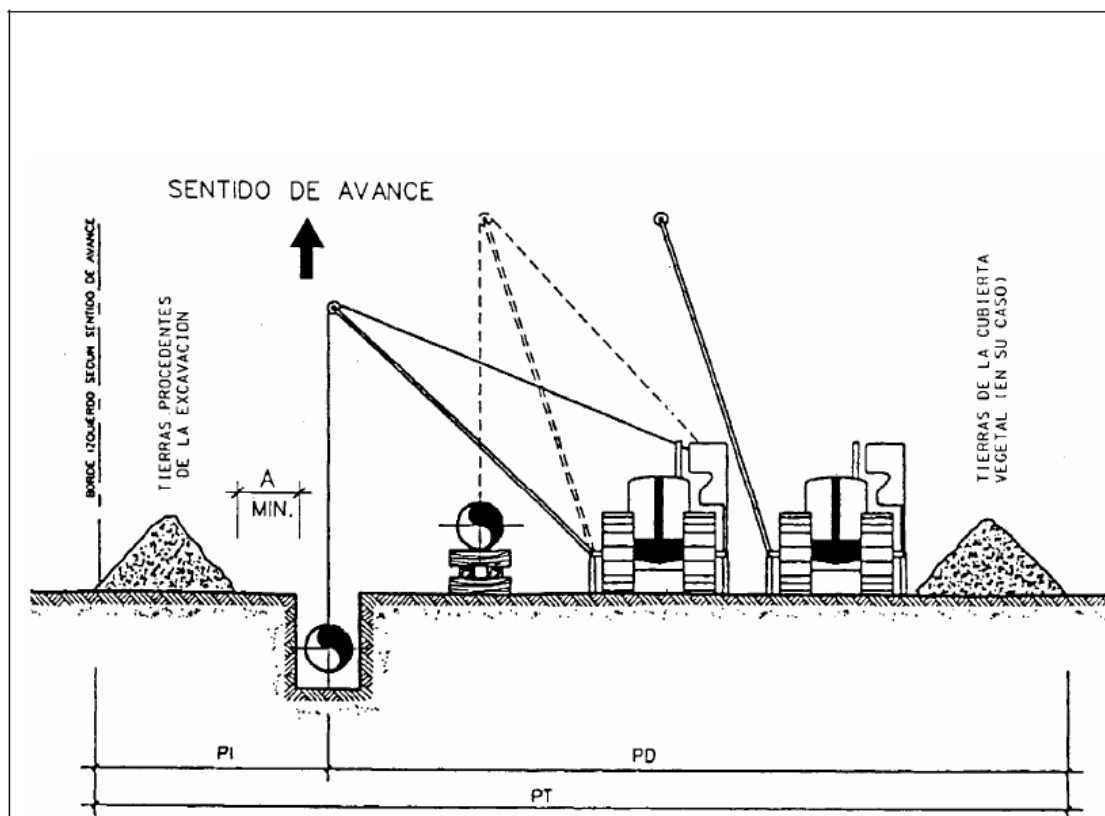
La anchura de la pista de trabajo (Ver Tabla 33), que incluirá la plataforma de trabajo y el material procedente de la excavación, variará con el diámetro de la conducción y con las características del terreno atravesando siendo en este caso la anchura de 20 m.

	Diámetro nominal	Distancia en metros		
		PI	PD	PT
Pista Normal	26" - 34"	6	14	20
Pista Restrignida	26" - 34"	4	10	16

**Tabla 33. Zona de ocupación temporal. Pista de Trabajo.**

*Fuente: ENAGAS.*

La profundidad de trabajo para la remoción de la capa superficial del suelo es de 20 ó 30 cm. Este material, excepto madera no aprovechable a juicio del representante del Ministerio de Ambiente, se deberá almacenar en la margen derecha de la pista en el sentido de la marcha de los trabajos, con el objeto de no dificultar movimiento de la maquinaria (Ver Figura 32). Esta tierra vegetal se utilizará para la restitución posterior del terreno y en ningún caso, para el relleno de la zanja; tampoco se mezclara con el material extraído de la zanja y no será pisoteada, ni esparcida por la maquinaria de obra.



**Figura 32. Pista de trabajo del gasoducto.**

## c) Apertura de zanja.

Una vez concluida la pista, se procede a la apertura de una zanja cuyo eje se sitúa asimétricamente en la pista según la Figura 32.

Las dimensiones de la zanja para el diámetro de la conducción se detallan en la siguiente tabla.

Diámetro Nominal (")	DIMENSIONES DE LA ZANJA	
	Anchura (m)	Profundidad mínima de la conducción (m)
32"	1,038	1,00

**Tabla 34. Dimensiones de la zanja.**

Fuente: ENAGAS.

La zanja se abre con retroexcavadora y el material proveniente de la excavación se deposita en el lado izquierdo según detalla la Figura 32.



### **d) Carga, Transporte, Descarga, Almacenamiento y Distribución de materiales en obra.**

La tubería y otros materiales se almacenarán en los puntos intermedio denominados playas de acopio, en los que se almacenan de forma temporal los materiales de obra. Las tuberías se dispondrán sobre un material seleccionado como por ejemplo bandas de caucho según el avance de distribución de las tuberías.

Los accesorios: bridas, válvulas, bandas de señalización, disolventes, pinturas, combustibles, etc. se almacenarán en lugares ventilados y seguros y guardando las normas vigentes de acuerdo con el producto en lo relativo a condiciones ambientales, temperatura, ventilación, volúmenes almacenados, etc.

### **e) Curvado, soldadura, protección de la tubería y puesta en zanja.**

Con el objeto de realizar cambios de sentido y adaptarlos a la morfología del terreno, se utilizará el curvado de tuberías en frío.

Una vez dispuestos los tubos a lo largo de la zanja se sueldan hasta formar tramos de longitud variable para que luego sean descendidos a la zanja.

El relleno será un material seleccionado, si durante la excavación aparecieran materiales adecuados, estos serán usados para tal fin. Para los cruces especiales se utilizará tubos de protección.

### **f) Cruces con corrientes de agua.**

Se ha considerado que la mejor técnica de cruce de los cursos hídricos de escasa entidad es la de las vainas pasa-aguas, y que consiste en lo siguiente:

- ✓ Se abrirá la pista de trabajo tal y como se indica en el proyecto, desbrozando las márgenes del río y apartando la capa vegetal, dejándola acopiada en un lateral en cordones inferiores a 1 metro de altura.
- ✓ Se procederá al desmonte de los taludes (si fuera necesario), suavizando la pendiente de ambos márgenes para facilitar el acceso de la maquinaria al curso hídrico. El material sobrante será utilizado para represar el río, de tal manera que se realice un camino por encima del río que permita el paso de maquinaria. Una vez terminada la obra esta tierra será reutilizada de nuevo para rellenar la zanja.



- ✓ A continuación, se instalan las vainas pasa-aguas, de forma que no quede en ningún momento cortado el caudal y se posibilite el paso de vehículos y maquinaria por encima de las mismas. Estas vainas permanecerán hasta que se lleve a cabo la restauración de las orillas, ya en la fase de restitución. El diámetro de las vainas será el necesario para poder dar salida al caudal del río cruzado.
- ✓ Dentro de la pista de trabajo pero alejado de la zona de influencia del río se realizará la preparación de la tubería: primero se soldará la tubería, posteriormente, se realizará la prueba hidráulica correspondiente y finalmente, se revestirá el tubo con manta antirroca y se hormigonará.
- ✓ Posteriormente se lleva a cabo la apertura de la zanja, realizándose con el lecho del río seco.
- ✓ Se lleva a cabo la puesta en zanja del tubo, mediante grúas situadas a ambos lados del río. En un primer momento, se aproximará la tubería hasta el borde del río empleando un punto de suspensión cada dos tubos (25 metros) como máximo.
- ✓ Se efectúa el relleno de la zanja, primero con piedra ligera, a continuación con piedra más gruesa y por último, la zona más próxima a la superficie (0'5 m) con el mismo material que había sido extraído del lecho.
- ✓ Una vez tapado el tubo se procede a la restitución de las orillas y al montaje de las escolleras.
- ✓ Para disminuir el arrastre de sedimentos sería conveniente proceder a la instalación de estructuras de retención perpendiculares al flujo (geotextiles) que permanezcan instaladas en las márgenes del río desde el momento en que se procede al desbroce de las orillas hasta el montaje de las escolleras.
- ✓ Debe destacarse que en los ríos que son cruce especial, estas vainas pasa-aguas sólo se colocarán en el momento de realizarse las obras en estos tramos y se quitarán cuando se halla situado la tubería en la zanja y se halla cerrado ésta.

### **g) Restitución del terreno.**

En cuanto a la restauración del terreno, la primera fase consiste en la reposición del suelo retirado para la apertura de la pista de trabajo y su tratamiento (mediante técnicas culturales) para descompactar el suelo y dejarlo con características lo más similares posible a su estado inicial. Esta fase se ejecuta inmediatamente después de rellenar la zanja donde se ubica



la conducción.

La segunda fase consiste en la reposición de la cubierta vegetal eliminada durante las obras en terrenos naturales o seminaturales y en la protección del suelo mediante las técnicas previstas (mantas orgánicas y/o hidro-siembra) en el Proyecto de Restauración Medioambiental.

Igualmente, se procede a la colocación de muros, cercas, setos y cualquier otro obstáculo que hubiera sido necesario retirar para la apertura de la pista.

### **h) Señalización Final.**

Se instalarán hitos amarillos de señalización en los puntos donde el trazado cambia de dirección, que coinciden con los vértices del proyecto; en el caso de ser longitudes muy largas se deberán colocar hitos intermedios de manera que desde cada poste se vea siempre el anterior y el posterior. Cada hito llevará la siguiente información: promotor, nombre del gasoducto, número de teléfono en caso de emergencia y punto kilométrico correspondiente.

### **i) Servidumbre de paso.**

Una vez restituido el terreno se recupera su uso con las únicas limitaciones que imponen las zonas de servidumbre distribuidas de la manera siguiente:

**Zona A:** se trata de un corredor de 4 m (2 m a cada lado de la tubería), en el que está prohibido arar o cavar a una profundidad mayor de 0,5 m, plantar árboles y arbustos de talle alto y realizar obras o edificaciones en esta banda de terreno, sin permiso de la Administración.

Además en el gasoducto se dispondrá de una **Zona B** de 8 m de anchura a cada lado de la zona A, en donde la única restricción es la imposibilidad de realizar obras o edificaciones sin la autorización de la Administración.

## **5. DESCRIPCIÓN DEL MEDIO POTENCIALMENTE AFECTADO.**

La localización del trazado del Gasoducto Perú Centro partirá del Yacimiento de Gas en la Localidad de Las Malvinas en Cuzco, dentro de su recorrido atravesará los ríos Urubamba y Ene, también este trazado considerará el cruce por 4 Parques Nacionales como son Otsihi, Jacallacte, Puí Puí y Yanacancha.



## GASODUCTO PERÚ CENTRO



Cada tramo donde se realizará la conducción en estos cruces especiales será objeto de un estudio individual de Impacto Ambiental. (Ver Figura 33).

A continuación se listan los principales componentes ambientales potencialmente afectables por el desarrollo de la construcción del gasoducto. Estas actividades se presentan ordenadas según subsistema ambiental:



**Figura 33. Localización del Trazado del Gasoducto Perú Centro.**

*Fuente: Propia*

### 5.1. ESTUDIO MEDIO FÍSICO.

- Agua
- Aire
- Suelo
- Relieve
- Paisaje

### 5.2. ESTUDIO MEDIO BIOLÓGICO.

- Flora
- Fauna
- Parques Nacionales.





Antes de la identificación de los impactos sociales, será necesario seleccionar los componentes afectados. Para dicha selección se optará por aquellos aspectos del entorno socioeconómico y cultural sobre los cuales, el desarrollo de la construcción del gasoducto tendrán una incidencia probable y significativa. Estos componentes serán agrupados en cinco categorías que a continuación se detallan:

### **5.3. ESTUDIO SOCIO ECONÓMICO Y CULTURAL.**

- Actores Afectados.
  - Afectación de Propiedades.
  - Conflictos / Capacidad para superarlos.
- Aspectos Económicos
  - Empleo.
  - Medios para la actividad productiva / Uso de recursos.
  - Valor de Propiedades.
- Aspectos Sociales
  - Educación.
  - Salud / Seguridad.
  - Transporte vial.
- Intercambios
  - Políticos
  - Económicos
  - Sociales / Culturales
- Movilidad Poblacional
  - Inmigración / Emigración

## **6. IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES POTENCIALES.**

Se cumplirá el proceso de selección de elementos interactuantes y se elaborará la Matriz de Ubicación Espacial de las Actividades e Instalaciones del Gasoducto, se dará inicio a la identificación y evaluación de los impactos ambientales potenciales, para cuyo efecto se hace uso de la matriz de interacción mencionada, cuyos resultados se presentarán en un conjunto de Matrices numeradas.



## 7. DESCRIPCIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES POTENCIALES

Se presentará la descripción de los principales impactos ambientales potenciales del proyecto durante sus etapas de construcción y operación.

### 7.1. ETAPA DE CONSTRUCCIÓN.

#### a) Impactos positivos.

##### ✓ Generación de empleo.

Este impacto está referido a la generación de empleo que demandará la ejecución de las actividades de la construcción del gasoducto.

##### ✓ Dinamización de la economía local.

El suministro del gas natural incrementará el consumo de esta fuente de energía, asociado a las necesidades de abastecimiento durante el proceso constructivo.

#### b) Impactos Negativos.

- ✓ Alteración de la calidad del aire por emisión de partículas, gases y ruido.
- ✓ Riesgo de afectación de la calidad del agua y/o conflictos de uso.
- ✓ Riesgo de afectación de la calidad del suelo.
- ✓ Alteración puntual del relieve del área.
- ✓ Alteración de la calidad del paisaje local.
- ✓ Afectación de la flora.
- ✓ Perturbación de la fauna.
- ✓ Riesgo de accidentes y afecciones respiratorias en el personal de obra.
- ✓ Afectaciones a propiedades.
- ✓ Conflictos entre los actores.
- ✓ Impactos sobre los medios para la actividad productiva.
- ✓ Alteración del tránsito vial.
- ✓ Afectación de los intercambios económicos, políticos y sociales.
- ✓ Incremento de la movilidad poblacional.

### 7.2. ETAPA DE FUNCIONAMIENTO.

#### a) Impactos Positivos

- ✓ Mejoramiento de la estructura energética del Perú.
- ✓ Generación de empleo.
- ✓ Dinamización de la economía.
- ✓ Incremento del valor de las propiedades.



- ✓ Afianzamiento de los intercambios económicos, políticos y sociales.
- ✓ Disminución de la movilidad poblacional.
- ✓ Ahorro energético.

### **b) Impactos Negativos**

- ✓ Restauración del suelo.
- ✓ Pérdida del suelo o erosión
- ✓ Revegetación del Terreno.
- ✓ Restauración de los cursos de agua afectados.

Finalmente se deberá establecer un programa de vigilancia ambiental para que se realicen las siguientes actividades:

- ✓ Supervisión del replanteo de la obra asegurándose que las medidas sobre el terreno no exceden las dispuestas en los Planos y Memoria del Proyecto, especialmente en lo que se refiere al ancho de la pista de trabajo.
- ✓ Procurar evitar la tala innecesaria de especies arbóreas o arbustivas, facilitando, según su buen entendimiento, los criterios que procedan.
- ✓ Supervisión de los movimientos de tierra necesaria, facilitando criterios ambientales para la elección de préstamos y vertederos.
- ✓ Supervisión del acopio de materiales (especialmente con criterios paisajísticos).
- ✓ Acreditación o garantía de la retirada de material de desecho y su vertido o almacenamiento en zonas controladas. Se prestará especial atención al vertido de aceites pesados procedentes de la maquinaria utilizada.



# **GASODUCTO PERÚ CENTRO**

## **PROYECTO CONSTRUCTIVO**

### **DOCUMENTO Nro. III: PLANOS**



## **PLANOS GENERALES**

Plano 1: Trazado Preliminar del Gasoducto Perú Centro.

Plano 2.1: Vista de Planta del Trazado.

Plano 2.2: Vista Longitudinal del Trazado.

## **PLANOS DESCRIPTIVOS.**

Plano 3.1: Descripción Detallada Posiciones e Instalaciones Auxiliares.

Plano 3.2: Descripción Detallada Posiciones e Instalaciones Auxiliares.

Plano 3.3: Descripción Detallada Posiciones e Instalaciones Auxiliares.

## **PLANOS DE OBRA CIVIL DE ENTERAMIENTO DE LA TUBERÍA.**

Plano 4: Profundidad en Terreno Normal.

Plano 5: Profundidad en Corrientes de Agua.

Plano 6: Profundidad en Carreteras.

## **PLANO DE OBRA MECÁNICA.**

Plano 7: Disposición de Válvulas con Trampas de Rascadores.

## **PLANOS DE ALTERNATIVA CONSTRUCTIVA (Istram).**

Plano 8: Trazado de la Conducción.

Plano 9: Vista Longitudinal del Trazado.

Plano 10: Vistas Longitudinales de Cruces Especiales.



# **GASODUCTO PERÚ CENTRO**

## **PROYECTO CONSTRUCTIVO**

### **DOCUMENTO Nro. IV: PLIEGO DE CONDICIONES**



**PLIEGO DE CONDICIONES DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS PARA  
CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE INSTALACIONES.**

**“GASODUCTOS DE TRANSPORTES”**



## ÍNDICE

### **Apartado A: Pliego de Condiciones Generales para la Ejecución de Obras. .... 178**

1. CONTENIDO. ....	179
2. ALCANCE DE LA OBRAS. ....	180
3. PROGRAMACIÓN Y PLANIFICACIÓN DE LA OBRAS. ....	185
4. DESPLAZAMIENTO Y PARALIZACIONES DE LAS FASES DE OBRA. ....	187
4.1. DESPLAZAMIENTO DE LAS FASES DE OBRA. ....	187
4.2. PARALIZACIÓN DE LAS FASES DE OBRA. ....	187
5. PLIEGOS, NORMAS Y REGLAMENTOS APLICABLES. ....	189
5.1. APLICACIÓN GENERAL. ....	189
5.2. OBRA MECÁNICA. ....	189
5.3. OBRA CIVIL. ....	189
6. VERTEDERO. ....	191
7. PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD. ....	192
8. IMPACTO AMBIENTAL. ....	193
9. OFICINAS PARA LA DIRECCIÓN DE OBRA (D.D.O.). ....	194
10. RELACIÓN CON ORGANISMOS Y PROPIETARIOS. ....	195
11. ALMACENES, TRANSPORTES, OFICINAS Y SERVICIOS. ....	196
12. OTROS TRABAJOS. ....	197
13. RESTOS ARQUEOLÓGICOS. ....	198
14. DOCUMENTACIÓN FINAL DE OBRA. ....	199
14.1. RELACIÓN DE DOCUMENTOS. ....	199
14.2. CONDICIONES DE ENTREGA DE LA DOCUMENTACIÓN FINAL. ....	201





## **APARTADO B: PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES PARA LA EJECUCIÓN DE OBRAS..... 203**

1. OBJETO. ....	204
2. ALCANCE DE LOS TRABAJOS. ....	205
1.1. GENERAL.....	205
1.2. LÍNEA. ....	205
1.3. POSICIONES. ....	206
1.4. TENDIDO DE TUBO PORTACABLE. ....	206
1.5. PROTECCIÓN CATÓDICA.....	206
1.6. SUMINISTRO ELÉCTRICO. ....	208
1.7. APERTURA Y RELLENO DE ZANJA. ....	208
1.8. CRUCES ESPECIALES CON TUBOS ESPECIALES.....	209
3. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES. ....	210
3.1. CONDUCCIÓN.....	210
3.2. INSTALACIONES AUXILIARES. ....	210
3.3. INSTALACIÓN DE PROTECCIÓN CATÓDICA.....	211
4. DISTANCIAS ENTRE LAS PRINCIPALES FASES DE OBRA. ....	213
4.1. ZONA URBANA Y DE CARRETERA. ....	214
5. COMENTARIOS A LOS PLANOS TIPO. ....	215
6. LOCALIZACIÓN Y UBICACIÓN DE LAS OBRAS.....	216
7. ARQUEOLOGÍA.....	217
7.1. INFORME ARQUEOLÓGICO. ....	217
8. OBRAS EN ZONAS DE REGADÍO. ....	218
9. SENTIDO DE AVANCE DE LAS OBRAS.....	219
10. REPLANTEO DE OBRAS. ....	220
10.1 DETECCIÓN DE LA TUBERÍA DE GAS, OLEODUCTO, ACUEDUCTO DE RIEGO Y REDES DE RIEGO ASÍ COMO ELEMENTOS ANEXOS.....	220
10.2 REPLANTEO DEL GASODUCTO.....	221
11. IMPACTO AMBIENTAL. ....	222



12. CRUCES Y ZONAS ESPECIALES.....	223
12.1. CRUCES ESPECIALES.....	223
12.2. CRUCES CON ALGUNOS O CANALES DE RIEGO EXISTENTE.....	223
12.3. CRUCE CON ALGÚN FUTURO FERROCARRIL. ....	223
12.4. CRUCE CON OTRAS CONDUCCIONES. ....	223
12.5. ACLARACIÓN.....	224
12.6. ZONAS ESPECIALES. ....	224
13. ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD. ....	225
14. MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE INCENDIOS FORESTALES. ....	226



**APARTADO A: PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES PARA  
LA EJECUCIÓN DE OBRAS.**



## 1. CONTENIDO.

Se establecen en este Pliego de Condiciones y consideraciones generales como responsabilidad al alcance, planificación, logística y aspectos generales y básicos a tener en cuenta en la ejecución de obras y aplicable al conjunto de las actividades y trabajos. Así mismo se incluyen la Normas, reglamentos y Códigos aplicables para todo aquello que no éste provisto y definido en el presente Pliego.



## 2. ALCANCE DE LAS OBRAS.

Las obras serán ejecutadas por una empresa externa de acuerdo a los planos, diseños y especificaciones y resto de documentos que conforman el proyecto constructivo, incluido el presente pliego de Condiciones, así como las construcciones dadas por la Dirección de Obra (D.D.O.) durante la ejecución de las mismas.

Para aquellas unidades de obra o actividades no complementadas en los documentos contractuales, la Compañía externa se atenderá a las instrucciones de la Dirección De Obra (D.D.O.).

Con carácter general la construcción de una conducción de acero al carbono para el transporte de gas, así como la de las instalaciones complementarias o concentradas (válvulas de seccionamiento y derivación con o sin Estación de Regulación y Medida, Estación de trampa de rascadores, nudos de enlace y derivación), los Sistemas asociados (Protección Catódica y Telecomunicaciones), comprenden, sin carácter limitativo, los trabajos, actividades y prestaciones a realizar por cuenta y a cargo Compañía externa que se relacionan:

- ✓ Instalaciones de obra (oficinas de la Compañía externa y D.D.O., almacenes, talleres, etc.).
- ✓ Suministro de los materiales que se deberán indicar de forma detallada.
- ✓ Transporte y gestión de los materiales a suministrar por la Compañía correspondiente.
- ✓ Construcción y montaje de la conducción principal:

Señalización de la zona de ocupación disponible para la ejecución de las obras definida en los planos entregados por el Propietario, mediante estaquillado y balizamiento de sus límites.

Replanteo del eje de la conducción y anchos de pista y/o zona de ocupación, así como de las instalaciones complementarias (válvulas de seccionamiento, derivación y Acometida), componentes de línea (juntas aislantes, tomas de potencial, hitos, etc.)

Construcción de eventuales caminos de acceso a la pista en cualquier tipo de terreno.

Detección y señalización, bien mediante catas o equipos electrónicos, de servicios enterrados de cualquier naturaleza (incluso paralelismos).



Ejecución de la pista o plataforma de trabajo en cualquier tipo de terreno incluso roca. Retirada, transporte, acopio y reposición de la capa vegetal en todo el ancho de pista.

Demolición de muros de contención de tierra o separación de fincas y su posterior reposición, sean cuales fueren sus características y dimensiones.

Construcción de muros.

Demolición y reposición de acequias.

Demolición, reparación o reconstrucción, si procede, de todos los servicios enterrados estén o no indicados en Proyecto.

Ejecución de plano perfil de pista a escala 1:1 000, necesario para los cálculos y control de presiones en fase de Prueba Hidráulica y planos finales.

Apertura de la zanja en todo tipo de terreno.

Descarga de la tubería y/o accesorios, suministrados por el Propietario, en los almacenes de la compañía externa.

Carga, transporte, descarga, distribución y alineación, de la tubería en la pista de trabajo, procedente de zona de acopio de la compañía externa o de los almacenes del fabricante o Propietario.

Recepción, descarga, almacenamiento en los almacenes del Contratista, del resto de los materiales y su posterior transporte y distribución a obra.

Curvado en frío de los tubos en obra.

Limpieza de los tubos y verificación de las bocas o extremos.

Soldadura de los tubos, incluida homologación de procedimientos y soldadores, controles de calidad, de ejecución según especificación de proyecto que incluye entre otros radiografiado al 100% de todas las soldaduras.

Instalaciones cuando así lo exija la obra, de carretes de transición por cambio de espesor. Revestimiento de juntas de soldadura, curvas de radio corto o en caliente y zonas dañadas.

Suministro, colocación de tapas de cierre de los extremos de los tramos de conducción una vez finalizada la fase de soldadura.



Suministro y colocación de tierra de aportación en tapado de 1ª Fase y cama de apoyo. Puesta en zanja o instalación en el fondo de la zanja de los tramos de conducción. Tendido del bitubo portacable, su calibración y empalmes. Construcción de protecciones (ataguías, lastrados, etc.).

Instalación de componentes asociados a la conducción (juntas aislantes, tomas de potencial).

Suministro e instalación de ánodos para protección definitiva o provisional de la conducción.

Instalación de señalizadores de paso de pig de línea.

Uniones de los tramos de conducción instalados en el fondo de la zanja, comprendiendo toda la obra civil y mecánica necesaria (ejecución de nichos y fosos de soldadura, soldadura, controles de soldadura, revestimiento, tapado, etc.).

Relleno de la zanja a cualquier profundidad con materiales procedentes de la excavación de la zanja, incluso formación de un caballón sobre la zanja mínimo de 20 cm para absorber los asentamientos del terreno.

Transporte a vertedero del material de desbroce, excavación o demolición sobrante.

Ejecución de los cruces de la conducción con cursos de agua (ríos, arroyos, barrancos, canales, acequias, etc.), vías de comunicaciones (carreteras, ferrocarriles, caminos) y otros servicios.

Pruebas Hidráulicas de la conducción según la especificación de proyecto.

Vaciado, limpieza y secado mecánico de la conducción con foam pig (una vez terminada la prueba hidráulica).

Restitución de los terrenos afectados por las obras a su estado original (incluido la restitución de muros de contención y separación de fincas de cualquier tipo y dimensión).

Instalación de hitos y banda de señalización.

Calibración final de la conducción mediante equipos electrónicos (caliper - pig), una vez terminadas las pruebas y unidos estos tramos.

Secado de la conducción mediante aire seco.



Suministro e instalación de los Sistemas de Protección Catódica: EPC, lechos dispersores, etc. Todas aquellas operaciones y suministros no indicados y que sean necesarios para la correcta ejecución y terminación de la conducción.

- ✓ Construcción y montaje de las instalaciones concentradas (posiciones de válvulas), comprendiendo:

Replanteo.

***Obra civil:***

- Movimientos de tierras (explanación y formación de terraplenes y plataformas).
- Excavación de zanja y fosos para línea de tubería, canalizaciones de cable y arquetas.
- Rellenos de zanja y fosos.
- Arquetas.
- Canalización de cables y arquetas.
- Soportación de línea de tubería y equipos.
- Urbanización, pavimentos y muros.
- Cerramiento y puertas.
- Edificio de control, o ERM.

***Obra mecánica:***

- Suministro de los materiales necesarios indicados detalladamente.
- Prefabricación, montaje y pruebas hidráulicas.

***Montaje Eléctrico:***

- Suministro de los materiales necesarios indicados detalladamente
- Tendido de cable red de tierra.
- Tendido de cables de alimentación a equipos, instrumentos y motores.
- Conexión a regletero o cajas.
- Instalación de armarios para los cuadros de alimentación principal integrada (CAPI) o equipos de energía fotovoltaica.
- Acometidas Eléctricas.





### ***Instrumentación y Telemando:***

- Suministro de materiales necesarios indicados detalladamente.
- Tendido de cable.
- Conexiones primarias y secundarias a instrumentos y actuadores neumohidráulicos.

Todas aquellas operaciones y suministro no indicados y que sean necesarios para la correcta ejecución y terminación de las instalaciones concentradas, según se indica en los planos, el presente Pliego y demás documentos del Proyecto.



## 3. PROGRAMACIÓN Y PLANIFICACIÓN DE LAS OBRAS.

La compañía externa confeccionará su programa de ejecución de obra ya en fase de oferta técnica y con posterioridad en fase de construcción material de las obras, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones de obligado cumplimiento.

- ✓ El plazo de ejecución de las obras será el que se indica en el Pliego de Bases del Concurso, entendiéndose por tal, la finalización de las obras ***listas para su inmediata puesta en servicio***, incluido la completa finalización de las instalaciones complementarias (posiciones y líneas eléctricas) y la restitución total de los terrenos.
- ✓ Las obras correspondientes a las instalaciones concentradas (válvulas de seccionamiento, derivación, trampa de rascadores, etc.), incluido las Acometidas Eléctricas a las mismas, se iniciarán antes de los 40 días naturales contados desde la fecha de inicio contractual de las obras y su terminación se fijará con al menos 20 días de antelación a la de la conducción (calibración final de la conducción), por lo que si fuera necesario se preverá su ejecución de forma simultánea con equipos y organizaciones completas e independientes.
- ✓ En los trabajos de construcción y montaje de la conducción, todas las fases de obras se realizarán de forma continua a partir del punto que se establezca como PK. 0 y en el orden establecido en el programa, no autorizándose saltos o desplazamiento de los equipos excepto por causas justificadas y con la autorización de la D.D.O.
- ✓ La ejecución de la línea, salvo que se indique lo contrario por la D.D.O., se realizará en un solo frente de obra. No obstante la D.D.O. podrá autorizar la apertura de nuevos frentes, si durante la ejecución de la misma lo estima necesario por incumplimiento del programa de obra. Dicha autorización no será objeto de sobrecosto para el Propietario
- ✓ El sentido de avance de las obras es el que se establecerá en un apartado especial de "Pliego de Condiciones Técnicas Particulares para la Ejecución de las Obras".
- ✓ Los cruces especiales con carreteras, ferrocarriles, caminos y canales importantes que requieran instalación de tubo de protección, se ***acometerán en las fechas y con los medios necesarios para que su terminación se anticipe a la de la puesta en zanja en cada punto de cruce***, aunque esta condición obligue a disponer y trabajar de forma simultánea y con equipos autónomos e independientes en varios cruces.
- ✓ Los procedimientos de soldadura deberán homologarse de acuerdo con lo establecido en la Especificación de Soldadura API 1104, debiendo, en



cualquier caso, iniciarse la fase de soldadura antes de los 40 días naturales contados desde la fecha contractual de inicio de la obras.

- ✓ En relación con el desfase en distancia o tiempos entre fases de obra en la construcción de la conducción se establecen los siguientes condicionamientos.

Cuando la excavación de la zanja se realice con antelación a la distribución y alineación de los tubos en la pista, la distancia máxima entre la excavación de la zanja y la puesta en zanja no será superior al de la producción de 25 días laborables (5 semanas), calculada con el rendimiento medio de la puesta en zanja contemplado en el programa contractual.

En el control radiográfico de las soldaduras (ejecución de la radiografía y entrega de placa para su examen), el máximo desfase en tiempo respecto a la ejecución de la soldadura será de 48 horas.

El máximo distanciamiento entre la fase de puesta en zanja y la ejecución de la soldadura de línea se establece en una longitud equivalente a la producción de 10 días laborables, calculada con el rendimiento medio de la soldadura considerado en el programa contractual, tiempo suficiente para cubrir todo el proceso incluido controles y reparaciones, cortes y reposición de soldaduras.

Las uniones de tramos de tubería instalados en zanja, no podrán desfasarse más de seis (6) días respecto a la puesta en zanja.

**El incumplimiento de estas distancias o tiempos lleva implícito la paralización de las fases de obra, que motive los mismos (zanja, soldadura).**

Planos as-bulit. (Planos ya verificados y definitivos).

Los planos en borrador, para revisión por la D.D.O., deberán ser entregados por la compañía externa mensualmente y con la siguiente cadencia:

Primera Entrega: Dos (2) meses después del comienzo de la puesta en zanja y con un alcance equivalente a la producción del primer mes.

Segunda Entrega y sucesivas: Final de cada mes, con un alcance equivalente a la producción del mes anterior.

Última Entrega: Un (1) mes más tarde de la finalización de la prueba hidráulica, incluso posiciones de válvulas.



## 4. DESPLAZAMIENTO Y PARALIZACIONES DE LAS FASES DE OBRA.

### 4.1. DESPLAZAMIENTO DE LAS FASES DE OBRA.

La D.D.O., por falta de permisos, puede ordenar a la compañía externa el desplazamiento de una o varias fases de trabajo. En este caso, el Propietario indemnizará a la compañía, mediante la aplicación de los precios por administración durante el tiempo empleado en el desplazamiento por el personal y equipos que hayan realizado el desplazamiento. En estas condiciones, el Contratista no tendrá derecho alguno a presentar reclamaciones al propietario de sobrecostos por pérdidas de rendimiento en los distintos equipos ni por cualquier otro concepto.

Las obras a realizar por la compañía externa en los tajos a que se desplace, serán abonadas aplicando los precios contractuales a las mediciones correspondientes a la obra que ejecute medidas de acuerdo con los criterios establecidos en las Normas de Medición y Abono.

Esta indemnización no es aplicable cuando los desplazamientos se produzcan para la ejecución de obras e instalaciones complementarias y accesorios, entendiéndose por obras e instalaciones complementarias y accesorias las siguientes:

- ✓ Uniones de tramos.
- ✓ Instalaciones de válvulas de derivación y seccionamiento.
- ✓ Instalaciones de estaciones de recepción y envío de pistones de limpieza. Cruces especiales, carreteras, FF.CC., ríos, canales, etc. Instalación de protección catódica y juntas aislantes. Instalación de hitos de señalización.
- ✓ Construcción de obras especiales de protección de la conducción y consolidación de terrenos.

### 4.2. PARALIZACIÓN DE LAS FASES DE OBRA.

La D.D.O. por falta de permisos o materiales puede ordenar a la compañía la paralización de una o varias fases de trabajo afectadas.

En este caso, el propietario indemnizará a la compañía externa mediante la correspondiente Autorización de Cambio aplicando los precios por administración contractuales, no aceptándose ninguna reclamación económica adicional por este concepto.



En el caso de que el Propietario no entregará a la compañía externa los materiales y/o terrenos previstos mensualmente en el Programa contractual de obra, esta situación no originará ningún sobrecoste al Propietario, siempre y cuando no origine retrasos en los avances reales de obra obtenidos por el Contratista.

Cuando se originen retrasos por causas imputables al Propietario, la D.D.O. y la compañía externa acordarán un nuevo ritmo de ejecución de las obras que deberá en todo caso contar con la aprobación del Propietario.

Este nuevo ritmo de ejecución de las obras, modificará el programa de los trabajos, acordándose otro nuevo, el cual, una vez aprobado por el Propietario tendrá carácter contractual. Los equipos de obra que, como consecuencia de la nueva programación, resultaran sobrantes, quedarán a disposición de la compañía externa.

La compensación económica con que se remunerará a la compañía externa, debido a este nuevo programa, la fijará la D.D.O. con la aprobación del Propietario. Esta compensación sólo se referirá a la repercusión de los gastos generales y costes indirectos sobre el nuevo plazo acordado. En este caso, se fija expresamente que, como máximo, los gastos generales y coste indirecto suponen un 15 % de los precios del Contrato.



## 5. PLIEGOS, NORMAS Y REGLAMENTOS APLICABLES.

Para todo no lo previsto en el presente Pliego, se aplicaran los criterios y recomendaciones fijadas en la Normas y Especificaciones por la Entidad Nacional Reguladora del estado peruano así como lo es en España ENAGAS, que se indican en la Memoria del Proyecto y que se corresponden con la versión vigente en el momento de la construcción.

### 5.1. APLICACIÓN GENERAL.

Las Normas establecidas según los Sistemas de Tuberías para el Transporte y Distribución de Gas ANSI/ASME B 31.8 en la aplicación para:

- ✓ La Clasificación de Zonas (Categoría de Emplazamiento).
- ✓ Las Zonas de Seguridad y coeficiente de cálculo.

### 5.2. OBRA MECÁNICA.

- ✓ Una Norma específica para el cálculo del dimensionado de la conducción.
- ✓ Especificación de la Norma API 5L para el material de la conducción.
- ✓ Norma API 1104 para el desarrollo de la soldadura.
- ✓ Código ANSI/ASME, Sección II para el material de la soldadura.
- ✓ Código ANSI/ASME, Sección V para los Ensayos no Destructivos.
- ✓ Código ANSI/ASME, Sección VIII para la trampa de rascadores y puertas de apertura rápida.
- ✓ Código ANSI/ASME, Sección IX para las homologaciones de procedimientos de soldadura y de soldadores.
- ✓ Estándar API-6D, para las válvulas de bola y de macho de  $\varnothing \geq 2"$ . Estándar BS-5351, para las válvulas de bola y de aguja de  $\varnothing < 2"$ .
- ✓ Estándares BS-1873 y 5552, para las válvulas de asiento. Estándar API 526, para válvulas de seguridad.
- ✓ Estándar API-R.P. 1102, para cruces de ferrocarriles y carreteras.
- ✓ Estándares ANSI/ASME, B16.9 y MSS-SP-44 para bridas de acero al carbono y de alto limite elástico.
- ✓ Norma DIN 30.670, para el revestimiento exterior de la tubería en PE.
- ✓ Estándar API-R.P. 5L2, para el revestimiento interno de la base de resina epoxi.

### 5.3. OBRA CIVIL.

- ✓ Normativa para la ejecución de obras de hormigón armado, en masa y pretensado del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.
- ✓ Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de Carreteras y



## GASODUCTO PERÚ CENTRO



Puentes, Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.

- ✓ Pliegos de Condiciones Técnicas de la Dirección General de Arquitectura del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.
- ✓ Normas Básicas de la Edificación del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones Obra Eléctrica.
- ✓ Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y Normas sismorresistentes.



### 6. VERTEDERO.

Todo el material excedente de obra, no aprovechado para la restitución de los terrenos, deberá ser retirado por la empresa externa a su costa a vertederos autorizados.

La empresa externa deberá cuidar al máximo que los vertidos no ocasionen impacto visual ni paisajístico y para ello seguirá escrupulosamente las recomendaciones del Ingeniero.

Como recomendaciones generales, se deberán tener en cuenta las siguientes:

- ✓ La masa del vertido debe ser alargada y baja, aunque ocupe más suelo. En general, deben evitarse pendientes mayores de 30°.
- ✓ La distribución de los materiales debe hacerse siguiendo formas redondeadas, evitando los cortes rectos y los cambios bruscos de pendiente.
- ✓ Se seguirán además los requisitos establecidos en la Declaración de Impacto Ambiental.





### **7. PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD.**

La compañía externa deberá elaborar un Plan de Seguridad y Salud en aplicación del Estudio de Seguridad y Salud incluido en el Proyecto. Dicho Plan de Seguridad y Salud, deberá ser aprobado, antes del inicio de las obras, por el Coordinador en materia de seguridad y salud o la dirección facultativa de las obras.

El abono del presupuesto relativo a aplicación del mismo, se realizará en la medida que se vayan cumpliendo las medidas de protección previstas.



### **8. IMPACTO AMBIENTAL.**

Los trabajos correspondientes al Estudio y Declaración de Impacto Ambiental, tal como dispone la legislación vigente del estado Peruano, para evaluar la repercusión sobre los recursos naturales y el medio ambiente de la obra proyectada, se encuentran en los correspondientes Estudios que forman parte del Proyecto, teniendo plena vigencia y validez de aplicación para este Proyecto.

Todas las Medidas Preventivas de Construcción que se citan en los mismos son de obligado cumplimiento por la Compañía externa adjudicatario de las obras.



### **9. OFICINAS PARA LA DIRECCIÓN DE OBRA (D.D.O.).**

La compañía externa por su cuenta y a su cargo, pondrá a disposición del equipo de Dirección de Obra y Supervisión de las obras y durante todo el plazo de ejecución de las mismas, las oficinas de obra incluido servicios sanitarios y de limpieza y equipadas con agua, luz, fotocopidora, aire acondicionado, teléfono y fax, así como mesas, sillas y armarios. Se dispondrá como mínimo de un despacho para el Director de Obra, otro para los supervisores y un tercero para el Control de Calidad de la Soldadura. Los consumos de agua, luz y teléfono se consideran reembolsables.

Se tendrá que elaborar un Pliego de Bases de Concurso donde se definirán las necesidades reales aplicables al presente Proyecto.



### **10. RELACIÓN CON ORGANISMOS Y PROPIETARIOS.**

La compañía externa deberá cuidar especialmente las relaciones con todos los afectados por las obras, para ello deberá disponer de modo ineludible de persona o personas adecuadas con preparación técnica y humana para coordinar, dialogar y dar solución aislada o conjuntamente con la D.D.O. a los distintos problemas que surjan como consecuencia de las obras.

Si bien en líneas generales los contactos oficiales los mantendrá el Propietario, dicha persona deberá ser conocedora de toda la problemática de la obra.

La persona mencionada deberá ser aprobada por la D.D.O., antes de iniciarse la obra, reservándose el derecho de pedir su sustitución si a su juicio la calificación personal o laboral fuese considerada no satisfactoria.

Por otra parte esta compañía estará obligada a cumplir y hacer respetar todas las prescripciones que los Organismos, Empresas o Entes establezcan al Propietario, durante la realización de las obras de gasoducto, por afectar los servicios pertenecientes a su jurisdicción, sin que ello suponga sobrecoste alguno para la Propiedad. Asimismo, se obliga a realizar el depósito de las fianzas, tasas y avales, etc., que se estipulen dentro de los condicionados, en nombre de la Propiedad, siempre que no haya sido realizado directamente por el Propietario.



### **11. ALMACENES, TRANSPORTES, OFICINAS Y SERVICIOS.**

La compañía externa deberá disponer a pie de obra de una oficina administrativa y técnica lo suficientemente preparada para suministrar y confeccionar cualquier documento, plano, croquis, copias, etc.

Dispondrá además de barracones de personal, servicios sanitarios, laboratorio de control, etc., que cumplan las legislaciones vigentes.

Dispondrá de almacén y parque de materiales controlado y vigilado con Libro de Entradas y Salidas a disposición de la D.D.O.



### **12. OTROS TRABAJOS.**

La compañía externa realizará todos los trabajos que sean necesarios, para la correcta ejecución de las unidades de obra, incluso las que no formando parte de la conducción sean necesarias y complementarias a la misma y estén o no indicadas en el Proyecto.

Para aquellas unidades que no existan prescripciones consignadas expresamente en el presente Pliego de Condiciones, esta compañía se atenderá a las normas e instrucciones de la D.D.O. (Dirección de Obra).



### **13. RESTOS ARQUEOLÓGICOS.**

De forma general, si durante la ejecución de pista y zanja o para instalaciones auxiliares del gasoducto, se hallase piezas de interés arqueológico que por su circunstancia hicieran prever la existencia de restos de estructuras en el subsuelo o porque así lo indique el arqueólogo que estará a pie de obra en estas fases de trabajo, se detendrán los mismos. La zona donde aparezcan los restos será señalizada y se avisará inmediatamente a la Dirección de Obra para que disponga lo procedente. Los trabajos se reanudarán fuera de la zona señalizada sin que estas discontinuidades den derecho a indemnización alguna, excepto la correspondiente al salto de los equipos afectados por la interrupción de los trabajos en esa zona.

La extracción posterior de estos hallazgos se efectuará de forma manual bajo la supervisión de personal especializado y con el máximo cuidado para preservar de deterioros las piezas obtenidas.

Las piezas extraídas quedarán en propiedad de la Administración.

Los trabajos para la extracción de las piezas encontradas serán abonados por Administración con la supervisión de personal especializado.

En todas aquellas zonas en las que estén detectados y/o se detecten, durante la ejecución de la obra, yacimientos arqueológicos, se realizarán sondeos con maquinaria del Contratista y con la dirección de personal del Organismo competente. Estos trabajos se realizarán con antelación a la apertura de pista y zanja, para lo cual el Contratista deberá recabar la información de estos yacimientos en el Organismo que proceda. Todas las gestiones correspondientes a los sondeos arqueológicos con maquinaria del Contratista se abonarán por Administración. En el caso de aparecer restos de interés que obligaran a la excavación a mano, para documentar y extraer las piezas encontradas, los trabajos de excavación se abonarán de acuerdo con el precio correspondiente establecido en las Normas de medición y abono.

Adicionalmente a lo aquí indicado, será de aplicación todo lo establecido en el Proyecto relativo a Prospección Arqueológica y especialmente a las acciones preventivas y correctoras indicadas en las fichas de cada una de los yacimientos encontrados en fase de Proyecto, dentro de la zona de influencia de las obras.



## 14. DOCUMENTACIÓN FINAL DE OBRA.

Se definirá la relación de los "Documentos" que con carácter obligatorio deberán ser recopilados y/o emitidos, al final de la construcción de las obras por la compañía externa, con independencia de si los mismos, han sido elaborados por la propia compañía externa, Fabricantes, Equipo de Supervisión de Obra y otras Entidades.

### 14.1. RELACIÓN DE DOCUMENTOS.

- ✓ Planos As-Built. (Son los últimos planos definitivos de obra en los que aparecen recogidos todos los cambios que haya habido a lo largo de toda la ejecución de la obra).
- ✓ Libro tubo (línea y posiciones).
- ✓ Certificados, actas e informes por actividades y fases de obra.

#### ***Soldadura:***

- Certificado de calificación de los procedimientos de soldadura, incluido ensayos destructivos y no destructivos.
- Certificado de calificación de soldadores.
- Certificado de características de electrodos y ensayos y análisis realizados de los mismos según exigencias de la especificación de proyecto o normativas procedentes.
- Certificado de calificación de los procedimientos de control radiográfico, líquidos penetrantes, ultrasonidos, partículas magnéticas, etc.
- Certificado global emitido por la Empresa de Inspección de soldadura, en el cual se hace constar que todas las soldaduras han sido realizadas y controladas, según los procedimientos establecidos en las normativas y reglamentos oficiales vigentes y conforme a los requerimientos técnicos exigidos en el Proyecto, así como que las soldaduras han sido ejecutadas por soldadores homologados.
- Informe, emitido por la Empresa de Inspección de Soldadura, de control Ejecución de Soldadura (carnet de soldadura): Informe de todas y cada una de las soldaduras, resultados control radiográfico o de otro tipo (líquidos penetrantes) indicando resultados y problemas observados (defectos).
- Placas radiográficas: De todas y cada una de las juntas de soldadura, incluidas placas de soldaduras a reparar y su correspondiente placa de la reparación.





- Informe final, emitido por la Empresa de Inspección de Soldadura, del control de la fase de soldadura. Resumen globalizado donde se recoja por PK.:
  - Soldaduras realizadas.
  - Porcentaje y reparaciones (desglosado por tipo de defectos).

### ***Revestimiento realizado en obra:***

- Certificado de calificación de los procedimientos, incluye ensayos en laboratorio y taller con sus resultados.
- Certificado de calificación de aplicadores.
- Informe controles realizados (según formato adjunto).

### ***Pruebas hidráulicas:***

- Actas de pruebas hidráulicas.
- Certificado (solamente en cuanto sea exigido por el Representante de la Delegación de Industria), emitido por la Empresa de Inspección de Soldadura, en el cual se haga constar, que las instalaciones han sido probadas hidráulicamente conforme a lo exigido en el Reglamento de Gases combustibles y Especificación de Proyecto, con resultados satisfactorios.

### ***Obras Civiles:***

- Certificados: Ensayos Laboratorio mecánica de suelos, así como de rotura de probetas en obra de soportación o cimentación realizada en hormigón.

### ***Materiales a suministrar por la Compañía externa:***

- Certificados de garantía de calidad, emitido por el fabricante o por laboratorios o Empresas de Inspección homologadas, incluyendo resultados obtenidos.
- ✓ Calibración final de la conducción.

Solamente en cuanto se hubiese realizado mediante pistones calibradores electrónicos. Se incluirán gráficos correspondientes a las deformaciones o cambios de diámetro a las escalas que interese en cada caso, así como identificación de los puntos con problemas dimensionales, indicando:



- Ubicación PK., y número del tubo afectado.
- Tipo de daños o deformación.
- Dimensiones o reducción del diámetro interior.
- Causas que han producido esta deformación.

Así mismo se incluirá informe sobre actuaciones realizadas para corregir o anular los daños o deformaciones no admisibles detectadas.

- Informe de puesta en marcha del Sistema de Protección Catódica.
- Autorización de puesta en marcha de Acometidas Eléctricas y Proyectos visados, si fueran necesarios.
- Actas de Conformidad de propietarios y Organismos.
- Dossier Fotográfico.

### 14.2. CONDICIONES DE ENTREGA DE LA DOCUMENTACIÓN FINAL.

La documentación relacionada en el punto anterior se entregará agrupada bajo los siguientes capítulos de tal forma que para cada capítulo se procederá a encuadernaciones independientes. Los capítulos a considerar, formatos de presentación y encuadernación o condiciones de embalaje o almacenaje, son los siguientes.

#### ▪ **Libro de tubos.**

Se entregará en carpetas con anillas y tapas de cartón plastificadas. El número de ejemplares será de original y tres copias.

#### ▪ **Planos As-Built.**

Original en poliéster (tamaño máximo DIN A-1).

Tres copias: Planos con formato DIN A-1, doblados en formato A-4 en bolsas de plástico y carpetas de anillas.

#### ▪ **Placas radiográficas.**

Ordenadas por PK., se entregarán en armarios de madera, de tal forma que sean fácilmente transportables, con compartimentos que permitan su adecuado y fácil archivo y localización.

#### ▪ **Certificados e informes, fase de soldadura.**

Original y tres copias en carpetas de anillas metálicas y tapas de cartón plastificado.



- **Informes y Actas de Pruebas Hidráulicas.**

Original y tres copias en carpetas de anillas metálicas y tapas de cartón plastificado.

- **Informes, certificados, fase revestimiento.**

Original y tres copias en carpetas de anillas metálicas y tapas de cartón plastificado.

- **Certificados e informes: Obras civiles.**

Original y tres copias en carpetas de anillas metálicas y tapas de cartón plastificado.

- **Certificados: Materiales suministrados por el Contratista.**

Original y tres copias en carpetas de anillas metálicas y tapas de cartón plastificado.

- **Informes: Calibración de la conducción.**

Original y tres copias en carpetas de anillas metálicas y tapas de cartón plastificado.

- **Informe de puesta en marcha del Sistema de Protección Catódica.**

Original y tres copias en carpetas de anillas metálicas y tapas de cartón plastificado

- **Autorización de puesta en marcha de Acometidas Eléctricas y Proyectos visados, si fueran necesarios.**

Original y tres copias en carpetas de anillas metálicas y tapas de cartón plastificado.

- **Actas de Conformidad de propietarios y Organismos.**

Original y tres copias en carpetas de anillas metálicas y tapas de cartón plastificado.

- **Dossier Fotográfico.**

Original y tres copias en carpetas de anillas metálicas y tapas de cartón plastificado.



**APARTADO B: PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS  
PARTICULARES PARA LA EJECUCIÓN DE OBRAS.**



## 1. OBJETO.

El objeto de este Apartado es completar, actualizar y anular o sustituir lo establecido e indicado en los Apartados A del presente Pliego de Condiciones de Ejecución de las obras, teniendo en cuenta que cada Proyecto, tanto en su alcance como en sus planteamientos técnicos y logísticos (plazos y programa), puede ser diferente y presentar su programa y especificaciones particulares.



## 2. ALCANCE DE LOS TRABAJOS.

### 1.1. GENERAL.

Con carácter general, y para todas las fases de las obras a realizar, la Compañía constructora externa estará obligada a la realización de las actividades y prestaciones de los servicios siguientes por su cuenta y a su cargo:

- ✓ Gestión de los materiales suministrados por el Propietario que incluye: recepción en fábrica, descarga, almacenamiento, transporte a obra, y manipulación.
- ✓ Gestión de los materiales a suministrar por la compañía externa, que incluye: la obtención y comprobación de los certificados de calidad, petición de tres ofertas para los materiales que abone el Propietario, todas las gestiones con fabricante o suministradores, transporte de los materiales hasta los almacenes de la obra y su descarga en los mismos.

### 1.2. LÍNEA.

Los trabajos correspondientes a la ejecución de la línea del Gasoducto Perú Centro consisten en la construcción y montaje de 592,000 Km. Ø 32", según los planos de proyecto, Dibujos Tipo, Pliego de Condiciones y Normas.

Sin carácter limitativo relacionan a continuación:

- ✓ Instalaciones de obra.
- ✓ Gestión de materiales y almacenes.
- ✓ Suministro de materiales conforme a lo indicado donde corresponda.
- ✓ Replanteo y detección de servicios enterrados.
- ✓ Apertura de Pista y Zanja.
- ✓ Transporte de tubos y resto de materiales desde Almacenes de lugar del fabricante a la obra.
- ✓ Distribución y alineación de tubería.
- ✓ Curvado en frío de los tubos de obra.
- ✓ Soldadura y controles de calidad según corresponda (tubos, cierres, accesorios).
- ✓ Revestimiento de juntas de soldadura y accesorios.
- ✓ Puesta en zanja de la conducción.
- ✓ Tendido bitubo para alojar el cable Fibra Óptica.
- ✓ Instalación de toma de potencial y juntas aislantes.
- ✓ Tapado de la conducción y relleno de zanja.



- ✓ Instalación de banda de señalización.
- ✓ Construcción de protecciones (ataguías, lastrados, caballones, escolleras, etc.)
- ✓ Ejecución de cruces de carreteras, canales, ríos, arroyos, barrancos.
- ✓ Restitución de terrenos.
- ✓ Pruebas hidráulicas. Vaciado y secado (mecánico).
- ✓ Limpieza química y secado con aire seco.
- ✓ Instalación de hitos de señalización.
- ✓ Calibración de la conducción mediante pistones calibradores electrónicos (Caliper pig).
- ✓ Documentación final a obra: Planos as-built, libro-tubos, informes, radiografías y placas, balance de materiales y certificados de calidad de los materiales suministrados por la compañía constructora.

### 1.3. POSICIONES.

En este Gasoducto se contempla la ampliación de instalaciones auxiliares en caso de que se quiera instalar puntos de Estación de Compresión en cada Punto de Entrega, según planos, dibujos y pliegos de condiciones correspondientes. En estas posiciones estará proyectada la salida para conexión con el futuro del gasoducto Perú Centro.

### 1.4. TENDIDO DE TUBO PORTACABLE.

Simultáneamente con el tendido de la línea, se debe realizar el tendido del bitubo portacables para fibra óptica. Este tendido ha de hacerse según la especificación de la entidad correspondiente previamente revisada.

### 1.5. PROTECCIÓN CATÓDICA.

Comprende la instalación de (7) siete Estaciones de Protección Catódica (CAPI, lecho dispersor en profundidad, cables anódicos y catódicos, electrodo de referencia), siete de ellas en las posiciones establecidas en el Anexo 5. Además se contempla la instalación de juntas aislantes y tomas de potencial y la realización del reglaje, verificación de potenciales de protección y puesta en marcha del sistema conforme se indica en el Anexo 5.

- ✓ **Influencia con líneas eléctricas.**

La compañía externa constructora deberá instalar todos los sistemas de protección contra la influencia de líneas eléctricas que se deberán indicar en el Proyecto.



Si se realizan alteraciones o variaciones de trazado del Gasoducto en zonas de paralelismo, aproximación o cruce con líneas eléctricas, la compañía externa estará obligada a efectuar un estudio particularizado debiendo proponer en un informe las medidas correctoras que sean de aplicación.

✓ **Protección catódica provisional.**

La compañía externa deberá realizar a su cuenta y cargo el estudio, diseño, instalación y regulación de un sistema de protección catódica provisional que garantice que el potencial de la tubería se encuentre entre los límites de protección (-1 a -2 V respecto del electrodo de referencia de Cu/CuSO<sub>4</sub>), en caso de que la tubería se encuentre enterrada, en la fase de construcción, durante un período superior a un mes fuera de dichos límites.

✓ **En la línea.**

- Montaje, instalación de carretes de transición, pruebas de aislamiento, pruebas hidráulicas y revestimiento de las juntas aislantes.
- Instalación de tomas de potencial normal en línea, incluidos el montaje de la caja de T.P. (Suministro de la PROPIEDAD) y el suministro y montaje del báculo soporte y su dado de apoyo, soldadura de conexión de la toma de potencial al tubo en sí, revestimiento de ésta y conexiónado en la caja de T.P.
- Instalación de toma de Potencial Especial, para juntas aislantes con el mismo alcance de la anterior, además de:
  - Doble toma de potencial, a ambos lados de la junta aislante, e instalaciones complementarias.
  - Suministro y montaje de pica de puesta a tierra y cable de conexión con la caja de T.P.E.

Se incluye el suministro y montaje de descargadores y el cableado interno de éstos en la caja.

- Instalación de toma de potencial en tubo de protección, con el mismo alcance que la normal.

En todos los casos anteriores se incluye la obra civil necesaria para dejar los trabajos totalmente concluidos.





La conexión del cable de toma de potencial a la tubería deberá realizarse mediante soldadura aluminotérmica soldada previamente sobre chapa curvada de acero al carbono, la cual posteriormente se soldará a la tubería mediante soldadura de arco eléctrico. Esta soldadura de arco eléctrico debe ser realizada por un soldador que previamente haya sido homologado para cualquiera de los procedimientos de soldadura de línea o posiciones. Una vez terminada la soldadura se rellenará todo el hueco y placa con masilla y finalmente se cubrirá con cintas de polietileno.

Salvo casos excepcionales, como la toma de potencial de juntas aislantes, siempre deben ubicarse la toma de potencial junto a caminos o carreteras o, en último caso, linderos de fincas, siendo siempre necesario respetar las distancias exigidas en los Permisos de cruces.

- Instalación de tomas de tierra de drenaje y captación, y electrodos probeta, incluidos sus correspondientes picas de Zinc.
- ✓ **En Posiciones y Estaciones de Protección catódica**
  - Instalación de toma de Potencial Especial en posiciones de válvulas con el mismo alcance ya indicado para la línea.
  - Suministro de materiales, instalación y obra civil correspondiente al montaje de transforectificadores, lechos de ánodos, cables anódicos, catódicos y conexiones que se precisen.
  - Será de cuenta de la Propiedad la obtención de autorizaciones y de los terrenos necesarios para las instalaciones así como el suministro eléctrico en el CAPI.
  - Puesta en funcionamiento del sistema y reglaje final de la instalación comprobando que se obtiene la protección requerida para el gasoducto en el proyecto.

### 1.6. SUMINISTRO ELÉCTRICO.

Se precisará suministros de la línea eléctrica y acometidas ejecutada por y desde la red de suministro de la empresa generadora correspondiente para todas las posiciones correspondientes de cada una de las EPC de la conducción.

### 1.7. APERTURA Y RELLENO DE ZANJA.

Sea cual sea el sistema de apertura de la zanja (zanjadora, retroexcavadora, etc.), las necesidades de sobreanchos en la zanja y como consecuencia mayores rellenos, motivados por el descenso de la tubería al fondo de la zanja



(sin producir daños para el revestimiento) deberán estar incluidos dentro del precio y en ningún caso supondrán un sobrecoste para la propiedad.

## **1.8. CRUCES ESPECIALES CON TUBOS ESPECIALES.**

Se tendrán que realizar revisiones recientes para determinar los dibujos tipo de cruces especiales con tuneladora, en los cuales se podrán o no suprimir los respiraderos y ser rellenados el espacio existente entre el tubo de línea y el de protección con mortero cemento-arena. Por todo ello cualquier alusión en el citado proyecto a respiraderos en los cruces con tubo de protección deberá o no ser considerada, y se deberá remitir a los nuevos dibujos tipo en vigor, que son los siguientes:

- Rev.       Cruce tipo con autopista, autovías y vías rápidas.
- Rev.       Cruce tipo con carretera.
- Rev.       Cruce con tubo de protección. Apoyos para tubería de línea.
- Rev.       Cruce con corrientes de agua.
- Rev.       Cruces con tubos de protección.

Por otra parte, en este proyecto se ha considerado que el tubo de protección del cable discurrirá por el interior del tubo de protección de línea. Por todo ello se ha sobredimensionado el diámetro de los tubos de protección de línea para permitir que se pueda alojar el tubo de protección del cable en su interior. Además se deben instalar cierres del tubo de protección con salida para tubo de línea en 32" y tubo de protección del cable de 4".



## 3. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES.

### 3.1. CONDUCCIÓN.

La conducción del Gasoducto Perú Centro se representa en un Esquema General en el Plano Nro. 3 donde se reflejan la ordenación de los principales elementos del gasoducto.

La conducción será Ø 32" y 80 bar, la calidad del acero API 5L Gr X-60 y espesores de 12,70 y 15,88 mm.

La longitud aproximada será de 592 000 m.

### 3.2. INSTALACIONES AUXILIARES.

Según se muestra en el esquema General, las instalaciones en el paso por las localidades existentes de Junín, Pasco y Huánuco.

#### INSTALACIONES AUXILIARES

DENOMINACIÓN	CARACTERÍSTICAS	LOCALIZACIÓN
Pos. 0 E.C.	Estación de Compresión/ Turbocompresor de 13 MW.	Cuzco P.K. 0
Pos. 32X-01	Válvula de Seccionamiento	Cuzco P.K. 32,2
Pos. 64X-02	Válvula de Seccionamiento	Junín P.K. 64,4
Pos. 84X-01	Estación de Protección Catódica	Junín P.K. 84,6
Pos. 96X-03	Válvula de Seccionamiento	Junín P.K. 96,6
Pos. 128X-04	Válvula de Seccionamiento	Junín P.K. 128,8
Pos. 161X-05	Válvula de Seccionamiento	Junín P.K. 161,0
Pos. 169X-02	Estación de Protección Catódica	Junín P.K. 169,2
Pos. 193X-06	Válvula de Seccionamiento	Junín P.K. 193,2
Pos. 225X-07	Válvula de Seccionamiento	Junín P.K. 225,4
Pos. 253X-03	Estación de Protección Catódica	Junín P.K. 253,8
Pos. 257X-01	Válvula de Derivación	Junín P.K. 257,6
Pos. 275X-01	Estación de Regulación y Medida	Junín P.K. 275,8



## GASODUCTO PERÚ CENTRO



Pos. 299X-02	Válvula de Derivación	Junín P.K. 299,9
Pos. 332X-08	Válvula de Seccionamiento	Junín P.K. 332,1
Pos. 338X-04	Estación de Protección Catódica	Junín P.K. 338,4
Pos. 364X-09	Válvula de Seccionamiento	Junín P.K. 364,3
Pos. 396X-03	Válvula de Derivación	Pasco P.K. 396,5
Pos. 419X-02	Estación de Regulación y Medida	Pasco P.K. 419,8
Pos. 423X-05	Estación de Protección Catódica	Pasco P.K. 423,0
Pos. 443X-04	Válvula de Derivación	Pasco P.K. 443,9
Pos. 476X-09	Válvula de Seccionamiento	Pasco P.K. 476,1
Pos. 507X-06	Estación de Protección Catódica	Pasco P.K. 507,6
Pos. 508X-10	Válvula de Seccionamiento	Huánuco P.K. 508,3
Pos. 540X-11	Válvula de Seccionamiento	Huánuco P.K. 540,3
Pos. 576X-05	Válvula de Derivación	Huánuco P.K. 576,6
Pos. 592X-07	Estación de Protección Catódica	Huánuco P.K. 592,0
Pos. 592X-03	Estación de Regulación y Medida	Huánuco P.K. 592,0

### 3.3. INSTALACIÓN DE PROTECCIÓN CATÓDICA.

#### ✓ Ubicación de tomas de potencial.

La situación de las tomas de potencial será la indicada en los Planos del trazado, Planos de Perfil de trazado y Planos de Cruces Especiales del Gasoducto.

La compañía externa replanteará la ubicación definitiva de las tomas de potencial y la someterá a la aprobación de la Dirección de Obra, debiendo considerar los siguientes aspectos:

- Situación indicada en los planos.
- Facilidad de acceso para explotación.
- Interferencia con otras instalaciones y explotaciones.
- Distancias entre tomas de potencial.



✓ **Instalación de Tomas de Potencial.**

La soldadura de los cables a la conducción se realizará mediante soldadura aluminotérmica previa homologación del procedimiento y aplicadores o bien mediante la aplicación de soldadura aluminotérmica a una chapa la cual se suelda a la pared del tubo con soldadura eléctrica (Tig o electrodo básico E-7018 Ø. 2,5 mm).

✓ **Juntas aislantes y cables by-pass.**

La compañía externa utilizará para dar continuidad eléctrica a los tramos de tubería seccionados por juntas aislantes los cables de by-pass instalados para tal fin, debiendo determinar mediante un estudio la conveniencia de puentear con resistencia de valor adecuado una de las juntas aislantes para proteger dicho tramo o diseñar e instalar un sistema de protección individualizado.



#### 4. DISTANCIAS ENTRE LAS PRINCIPALES FASES DE OBRA.

Las fases de obra se realizarán de acuerdo con las instrucciones que indique el Ingeniero y asimismo con las directrices marcadas por las autoridades competentes, sobre todo, durante la realización de las obras en zonas urbanizadas o de cruce especiales.

La compañía externa deberá presentar a la aprobación del Ingeniero, previamente al comienzo de los trabajos, la programación y organización prevista por él, en los distintos frentes de trabajo.

Para ello, deberá tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- ✓ El Replanteo de la obra deberá realizarse un mes antes de la fecha prevista para el comienzo de los trabajos.
- ✓ El frente de obra quedará limitado a un máximo de 20 Km. (entendiéndose como frente de obra el límite entre las fases de apertura de pista y restitución). La única fase no incluida en distancia, será la prueba hidráulica.
- ✓ Por delante de la cabecera de distribución y alineación de tubería, existirá una longitud de zanja totalmente abierta como mínimo de 2 Km. Se exceptúan las zonas urbanas y los tramos singulares, donde por las características de uso y del terreno la zanja se deberá realizar con la mínima anticipación posible al tendido y tapado de la tubería.
- ✓ Entre la realización del pre-tapado y la restitución del terreno no mediará un plazo de tiempo superior a 20 días naturales.
- ✓ La aceptación de estas distancias son de obligado cumplimiento para la compañía externa y únicamente en casos excepcionales y previa aprobación escrita de entidad reguladora podrían ser modificadas.
- ✓ En cualquier caso se tendrán en cuenta los condicionamientos por imposiciones oficiales, no admitiéndose reclamación económica alguna por este concepto aun cuando hubiese variación en las condiciones expuestas.

Una vez aprobado este programa, la compañía externa deberá hacer un seguimiento, informando al Ingeniero, mensualmente, de su cumplimiento y en cualquier momento que se produzca o se prevea una desviación del mismo aportando las medidas correctoras.

En zonas urbanizadas, la constructora tendrá en cuenta que las obras pueden sufrir desplazamientos en sus fases debido fundamentalmente a imposiciones oficiales, por lo que de ocurrir esto, la constructora no tendrá en principio derecho a reclamación económica alguna.



No obstante lo comunicará al Ingeniero y será decisión de éste el establecimiento de otros acuerdos.

### **4.1. ZONA URBANA Y DE CARRETERA.**

En ningún caso supondrá sobrecoste para la propiedad el hecho de usar zonas con pistas de trabajo menores a lo norma, estando recogido este sobrecoste en el Precio de Apertura de Pista.



### 5. COMENTARIOS A LOS PLANOS TIPO.

✓ **Plano Tipo: Sección de Pista.**

Con respecto al Cuadro de "Ancho de pista", en función del diámetro, el mismo tiene validez siempre que el ancho de la zona de ocupación y la topografía y geología del terreno permita la ejecución de la pista según los anchos indicados (pista normal). De no ser posible la compañía externa será quien determine en función de los anchos disponibles las dimensiones a dar a la pista, manteniendo invariable la ubicación del eje de la conducción y los límites de la zona de ocupación.

✓ **Plano Tipo: Relleno de Zanja.**

La losa de hormigón debe ser exclusivamente realizada "in situ" y colocada preferentemente bajo el pavimento. No obstante la D.D.O., en función de los posibles condicionantes del Organismo titular de la calzada, deberá determinar la ubicación de la misma, previa consulta al mismo.

✓ **Plano Tipo: Corrientes de Agua en roca.**

El hormigonado de la conducción "in situ", como se indica en el plano correspondiente, solamente podrá realizarse si se puede ejecutar el cruce en seco y se garantiza la no contaminación de las aguas.





### 6. LOCALIZACIÓN Y UBICACIÓN DE LAS OBRAS.

Las obras del Gasoducto Perú Centro se desarrollarán en los siguientes puntos:

- ✓ Origen: En la Posición PK 0 desde el Yacimiento del Gas de Camisea, en la Localidad de las Malvinas en el Departamento del Cuzco.
- ✓ Final: En la Posición PK 592 en el Departamento de Huánuco.

La longitud de este Gasoducto es de 592,00 Km., de Ø 32" y presión de 80 bar.

El trazado de este Gasoducto discurre por las Provincias de: Junín, Pasco y Huánuco y teniendo como recorrido principal atravesar la cordillera de los Andes.

Las instalaciones auxiliares correspondientes a este Gasoducto están detallados en el punto 3.2 de este apartado B Pliego de Condiciones Particulares.



## 7. ARQUEOLOGÍA.

En todas aquellas zonas en las que estén detectados yacimientos arqueológicos, se realizarán sondeos con maquinaria de la compañía externa con la autorización de la Dirección General de Patrimonio del Perú bajo la supervisión de personal del Ministerio de Cultura y Ambiente. Estos trabajos se realizarán con antelación a la apertura de pista y zanja, para lo cual la compañía externa deberá recabar la información de estos yacimientos en el organismo pertinente. Todas las gestiones correspondientes a los sondeos arqueológicos con maquinaria de la compañía externa se consideran incluidas en el precio correspondiente. En el caso de aparecer restos de interés que obligaran a la excavación a mano, para documentar y extraer las piezas encontradas, los trabajos de excavación se abonarán por administración.

### 7.1. INFORME ARQUEOLÓGICO.

Deberán realizarse sondeos arqueológicos previos a las obras de apertura de pista en los puntos recogidos previamente del Ministerio de la Cultura.

Deberá realizarse extrema vigilancia durante las obras de apertura de pista de zanja por si fuera necesario adoptar nuevas medidas correctoras.

Será imprescindible la presencia de un arqueólogo durante la ejecución de toda la obra, siendo necesaria su presencia incluso antes de la apertura de pista en las zonas de pasto, bosques y espesa vegetación como en los Parques Nacionales.



### **8. OBRAS EN ZONAS DE REGADÍO.**

El trazado del Gasoducto Perú Centro atraviesa un terreno o campo de cultivo que puede o no contar con sistema de regadío. (PK 263 + 000 – PK 272 + 200).

En estas zonas la pista se abrirá retirando la capa de tierra vegetal, al borde de la pista hasta la restitución de la misma, para evitar su contaminación.

En la apertura de pista se tendrá en cuenta el sistema de regadío y drenajes de cada zona realizando las operaciones necesarias para afectarlo lo mínimo y en cualquier caso se asegurará el regadío en las zonas adyacentes durante la ejecución de la obra. Igualmente se mantendrán abiertas y en perfecto estado durante la ejecución de las obras, los accesos a las parcelas y la comunicación entre ambos lados de la pista.

Los taludes laterales de la pista se protegerán y serán objeto de mantenimiento durante la ejecución de la obra de manera que los terrenos adyacentes a la pista de trabajo no se vean afectados por ninguna causa siendo responsabilidad del Contratista llevarlo a efecto.

La restitución de las zonas de regadío se realizará de forma que queden en el mismo estado que al comenzar las obras, respetando las dimensiones en cada caso. Para ello, se referenciará cada zona antes de empezar las obras señalizándola debidamente, incluso con reportaje fotográfico, etc. y posteriormente se nivelará cada parcela.

En otros casos, donde por la pendiente y/o desniveles de los terrenos, a juicio del Ingeniero o del representante de La Propiedad, el talud pueda quedar inestable o erosionable, se protegerá en toda su altura y en todo el ancho de la pista afectado.



### **9. SENTIDO DE AVANCE DE LAS OBRAS.**

El sentido de avance en la construcción del Gasoducto Perú Centro será desde:

El PK 0,00 desde el Yacimiento de Gas en Cuzco, Junín en la posición PK 275 + 800, Pasco en la posición PK 419 + 800 y finalmente hacia la posición PK 592 Huánuco.

Se respetará la ejecución de acuerdo a la programación y control en el pliego de condiciones correspondientes de la construcción.



## 10. REPLANTEO DE OBRAS.

Se tendrá que elaborar un Pliego de Condiciones de Ejecución de las Obras donde la compañía externa cumplirá con los siguientes requisitos:

- ✓ Notificación a las Municipalidades correspondientes que serán afectados y los organismos oficiales que lo soliciten con un mes de antelación, de la fecha de comienzo de los trabajos de replanteo, los cuales se realizarán parcial o totalmente en presencia de los representantes de cada Municipalidad y los organismos oficiales. De considerar la Municipalidad y los organismos, no necesaria su presencia durante la realización de los trabajos, la Compañía externa notificará a la Municipalidad y a los organismos que lo soliciten la terminación de los mismos, con la finalidad de obtener los comentarios o bien su aprobación al replanteo.
- ✓ Notificación a las empresas de Servicios de telecomunicación, generación de electricidad etc. del trazado replanteado y fecha de iniciación de las obras, para recabar información complementaria de nuevos servicios o modificación de otros que no estén contemplados en los planos, así como obtener consideraciones de ejecución de cruces de la conducción con éstos.

Dadas las especiales características de este gasoducto, en caso de atravesar paralelamente con algún tipo de tubería enterrada existente, se deberá realizar el replanteo de las obras, una vez conocida la situación exacta de estas instalaciones existentes. Para ello la compañía externa pondrá todos los medios necesarios, incluyendo detectores de tuberías enterradas.

### 10.1 DETECCIÓN DE LA TUBERÍA DE GAS, OLEODUCTO, ACUEDUCTO DE RIEGO Y REDES DE RIEGO ASÍ COMO ELEMENTOS ANEXOS.

Un equipo de replanteo de la compañía externa (constructora), provisto con un equipo de topografía clásico, un equipo electrónico localizador de conducciones metálicas y elementos diversos para el estaquillado (picos, palas, estaquillas, pintura, marcadores indelebles, etc.), procederá, siempre con la presencia del personal correspondiente, a la detección de las tuberías, junto a sus elementos anexos, así como los posibles servicios de terceros, procediendo a su señalización debidamente estipulada.



### **10.2 REPLANTEO DEL GASODUCTO.**

En aquellos casos en los la que ubicación del gasoducto, oleoducto y riegos existentes, obtenidas mediante el detector no coincida con lo indicado en los planos de proyecto, se modificará el trazado de este gasoducto en construcción, de manera que se respete como mínimo la distancia a las tuberías existentes mostrada en planos parcelarios, siempre que este hecho sea compatible con las expropiaciones realizadas y los bienes y derechos afectados.



### **11. IMPACTO AMBIENTAL.**

La compañía externa cumplirá con las medidas preventivas, minimizadoras y correctoras en fase de obra que se indicarán previamente para garantizar la calidad medioambiental de la Obra, además esta compañía deberá cumplir con todos los condicionantes expuestos en la Declaración de Impacto Ambiental del Ministerio de Ambiente.

Especial atención requerirán las zonas del gasoducto próximas a los cruces con masas arbóreas, vegetación de ribera de efluentes, ríos arroyos, etc.



## **12. CRUCES Y ZONAS ESPECIALES.**

### **12.1. CRUCES ESPECIALES.**

Se contemplan en este desarrollo del gasoducto Perú Centro los cruces que figuran en la relación incluida en la Memoria, y desarrollados en el Documento II. Planos.

### **12.2. CRUCES CON ALGUNOS O CANALES DE RIEGO EXISTENTE.**

Un equipo de replanteo de la compañía externa, dotado de un equipo de topografía clásico, un equipo electrónico localizador de conducciones metálicas y una retroexcavadora procederá siempre con la presencia del personal correspondiente y del Canal de Riego, a descubrir las tuberías y los cables de comunicación existentes.

### **12.3. CRUCE CON ALGÚN FUTURO FERROCARRIL.**

El gasoducto en el caso de que pasara en algún futuro con una línea de ferrocarril, dicho cruce quedará definido como Cruce Especial y tal como se indicaría, se realizará por perforación horizontal según plano correspondiente. De encontrarse en fase de proyecto la línea de ferrocarril de deberá tener información previa, el trazado puede no ser el definitivo, por lo que antes de comenzar las obras, la compañía externa se pondrá en contacto con las entidades correspondientes, para definir la afección exacta de dicha infraestructura a este gasoducto, además de establecer los condicionantes a tener en cuenta para la ejecución del cruce.

### **12.4. CRUCE CON OTRAS CONDUCCIONES.**

Los cruces con otras conducciones tales como líneas telefónicas, abastecimiento de agua, tuberías de riego y drenaje, canales, acequias de riego, etc. se realizarán según dibujos tipo.

Se deben cumplir en general los siguientes requisitos:

- ✓ La apertura de zanja, cinco (5) m antes y después del cruce será a mano. Esta distancia se ampliará a 20 m. cuando en el tramo exista roca y esté permitido el uso de explosivos. La apertura en los 15 primeros metros de aproximación se realizará por medios mecánicos y los últimos 5 m de forma manual.
- ✓ Durante el cruce y especialmente en tuberías de agua potable, acequias, etc. deberá la compañía externa disponer de elementos de repuesto de la conducción para su urgente restitución en caso de rotura.





- ✓ Antes de tapar el cruce se requerirá la presencia del propietario del servicio y de la Propiedad para su aceptación o reparos. La compañía externa deberá obtener un certificado del propietario en el que se establezca que el cable o tubería en cuestión está funcionando correctamente.

### **12.5. ACLARACIÓN.**

En cualquier caso el número de cruces y las dificultades definidas es orientativo y podrá modificarse en el momento de ejecución, bien por aparecer nuevos cruces, cambios en las condiciones de los propietarios, prever obras futuras o por simple omisión. Estas circunstancias no serán objeto de reclamaciones económicas por parte de la compañía externa realizándose las obras según los dibujos tipo o normas que establezca La PROPIEDAD.

### **12.6. ZONAS ESPECIALES.**

Serán consideradas zonas especiales en las cuales la compañía externa considerará un tratamiento especial en su construcción para evitar deterioros en el medio ambiente de las zonas siguientes:

- ✓ Parque Nacional Otsihi.
- ✓ Parque Nacional Jallacate.
- ✓ Parque Nacional Puí Puí.
- ✓ Parque Nacional Yanacancha.



### **13. ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD.**

El Contratista deberá demostrar fehacientemente que dispone de un Sistema de Aseguramiento de la Calidad, de acuerdo con la normativa correspondiente, y además deberá elaborar un Plan de Calidad específico para este proyecto que incluya Programa de Puntos de Inspección, procedimiento de ejecución, etc. que deberá ser sometida a la aprobación de la entidad específica con anterioridad al comienzo de los trabajos.



### **14. MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE INCENDIOS FORESTALES.**

El gasoducto en caso de atravesar zonas de pastos, cultivo de cereales y espesas masas arbóreas en bosques de alto riesgo de incendio forestal por lo que están establecidas medidas de prevención contra incendios forestales; estas medidas serán incluidas en el Estudio de Impacto Ambiental y será responsabilidad de la compañía externa el obtener los permisos pertinentes del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca para poder realizar actividades clasificadas como peligrosas en las zonas citadas como son : el uso de sopletes, arcos eléctricos, originar chispas con la maquinaria, tirar cigarrillos mal apagados, etc. Se prestará máxima prudencia y atención en días ventosos.



# **GASODUCTO PERÚ CENTRO**

## **PROYECTO CONSTRUCTIVO**

### **DOCUMENTO NRO. V: ESTUDIO ECONÓMICO**



## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	229
2. ANÁLISIS DE VIABILIDAD PARA UNA EMPRESA TRANSPORTADORA DE GAS. ....	231
2.1. INDICADORES. ....	231
2.2. OBJETIVOS. ....	231
2.3. CADENA DE VALOR Y DESPLIEGUE FUNCIONAL DE UNA EMPRESA TRANSPORTADORA DE GAS. ....	232
2.4. ANÁLISIS DE LA INVERSIÓN. ....	233
3. MODELO DE TOMA DE DECISIÓN. ....	237
3.1. DATOS DE ENTRADA O DE PARTIDA. ....	237
3.2. RESULTADOS. ....	245
3.3. CONCLUSIONES. ....	247

## ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 34. Cadena de Valor de Transportista. ....	232
Figura 35. Estructura de Costes de ampliación de la Red de Transporte. ....	234
Figura 36. Estructura de Costes de un Gasoducto. ....	235
Figura 37. Precio Unitario de Obra Lineal en Gasoductos - Orden IET/2812/2012 ....	238
Figura 38. Precio unitario de ERMs según orden IET/2812/2012 .....	238
Figura 39. Precios unitarios de EC según orden IET/2812/2012 .....	238
Figura 40. Valores unitarios de explotación de instalaciones de transporte para el 2013. .....	239
Figura 41. Datos de Entrada para el Cash Flow. ....	240
Figura 42. Escenarios del modelo Económico. ....	241

## ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 35. Resultados del Flujo de Caja a 40 años. ....	242
Tabla 36. Escenario para el Análisis de Sensibilidad. ....	245
Tabla 37. Análisis de Sensibilidad a la tasa de actualización. ....	245
Tabla 38. Análisis de Sensibilidad a la tasa Financiera. ....	246
Tabla 39. Análisis de Sensibilidad al Bono Español a 10 años. ....	246
Tabla 40. Escenarios de Estudio (Optimista y Pesimista). ....	247



## 1. INTRODUCCIÓN

El costo de un gasoducto depende de varios factores. Depende por supuesto de su tamaño, es decir, del diámetro de la tubería y también como es lógico de la longitud, a mayor recorrido mayor costo. Pero además depende de las características del territorio que recorra, de su geología, su relieve, su dotación de infraestructura y de los costos ambientales que involucre su instalación.

Otro factor se relaciona con los tramos submarinos y las profundidades asociadas, así como el cruce de ríos y humedales. Un aspecto importante tiene que ver con la presión inicial del gas en el origen, que afecta el espesor del tubo, requiriéndose mayor grosor a mayor presión.

Esta lista representa sólo unos pocos de los elementos que determinan el costo un gasoducto, aunque el valor preciso se tiene que determinar en cada caso.

Sin embargo, a pesar de que el costo definitivo estará afectado por múltiples factores, eso no significa que sea imposible hacer un estimado grueso y general de lo que puede costar un gasoducto.

El Banco Mundial publica una regla a la que llama “regla del dedo gordo” (Rule-of-Thumb) en la que ofrece un estimado inicial que asocia a sólo dos variables, el diámetro y la longitud. De acuerdo a esta regla el costo se sitúa entre 15 y 30 dólares por cada pulgada de diámetro y por cada metro de longitud, recomendando inclusive usar 20 dólares para un primer cálculo.

El gasoducto Perú Centro se construirá con una tubería de diámetro de 32”, multiplicando a 20 dólares por pulgada así tendremos 640 dólares por metro, siendo 640 000 dólares por kilómetro y si consideramos un total de 592 kilómetros el coste total será de 378 880 000 millones de \$, esto según el método del Banco Mundial.

Pero también se puede usar como referencia el costo de gasoductos que se han construido recientemente. En este sentido, una buena referencia es el que une a **Bolivia** con **Brasil** y va desde **Santa Cruz de la Sierra** hasta **San Pablo y Porto Alegre**. Este gasoducto tiene un diámetro de 36 pulgadas y recorre 3 200 kilómetros. La inversión del mismo fueron 2 000 millones de dólares, **lo que representa un costo de 625 000 dólares por kilómetro**, inclusive menor que el que resulta aplicando la regla del Banco Mundial.



## GASODUCTO PERÚ CENTRO



Hay más referencias, el que lleva gas de Bolivia y del noroeste de Argentina a los mercados de Buenos Aires tiene un diámetro de 30 " y una longitud de 1 470 km, su costo fue 837 millones de dólares, lo que da un costo unitario de 570 000 dólares por kilómetro.

Así podemos observar numerosos ejemplos que están todos alrededor de medio millón de dólares por kilómetro para todos estos grandes gasoductos con un diámetro cercano a las 30 pulgadas. Se puede hacer un redondeo muy amplio y decir que el costo estará entre 400 y 700 mil dólares por cada kilómetro.



## 2. ANÁLISIS DE VIABILIDAD PARA UNA EMPRESA TRANSPORTADORA DE GAS.

### 2.1. INDICADORES.

Se abordará la situación de una empresa de transporte de gas natural que implementará una nueva red de gasoductos para el suministro en la Zona Centro del Perú y se encontrará con la necesidad de decidir si es favorable dicha inversión económica.

Para la evaluación de esta inversión se realizará un modelo en una hoja de cálculo cuyos elementos serán:

- ✓ Los valores relativos a la inversión a realizar canalizaciones así como las otras instalaciones auxiliares necesarias para su funcionamiento.
- ✓ Dos escenarios (optimista y pesimista) en los que se evaluará la inversión. Cada uno de estos escenarios, contará con los mismos parámetros con distintos valores en función del escenario a considerar. Los escenarios serán de tipo:
  - Parámetros relacionados con la situación reguladora del sector.
  - Variables macroeconómicas.
  - Medidas financieras de la empresa.
- ✓ Se estimará el valor de la inversión mediante el método de valoración “descuentos de flujo de caja”.

Se hará un análisis de sensibilidad para la mayoría de los parámetros a determinar su mayor o menor influencia en el resultado final, para los dos escenarios.

### 2.2. OBJETIVOS.

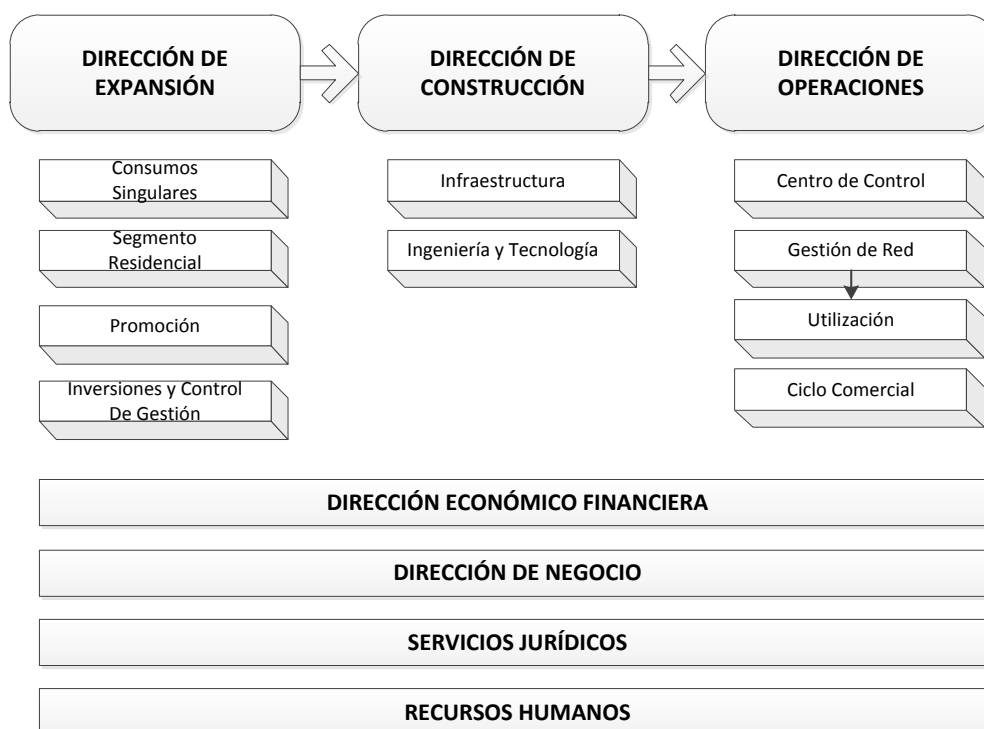
- ✓ Conocer en mayor profundidad el modelo de negocio de una empresa transportadora de gas natural y cómo interactúan los diferentes departamentos.
- ✓ Analizar la rentabilidad de una inversión fijada en un marco regulatorio determinado mediante la aplicación de conceptos financieros en concreto del método de valoración por descuentos de flujo de caja.
- ✓ Comprender el Marco Regulatorio en el que integran las compañías transportadoras e España.





## 2.3. CADENA DE VALOR Y DESPLIEGUE FUNCIONAL DE UNA EMPRESA TRANSPORTADORA DE GAS.

Una empresa de transporte de gas se compone de departamentos encargados de aportar valor directamente al negocio así como de unos departamentos de apoyo necesarios para el correcto funcionamiento de las áreas de negocio. (Ver Figura 34).



**Figura 34. Cadena de Valor de Transportista.**

El área de Dirección Económico Financiera es la que se ocupara de todo lo relacionado con la contabilidad de la empresa, la situación fiscal y financiera y de la aprobación de los presupuestos. De esta manera cobrará una especial relevancia en la toma de decisión respecto a una inversión, ya que es la encargada de conseguir financiación y aprobar los presupuestos.

El área de Desarrollo de Negocio estará encargada de definir la estrategia del grupo mediante un análisis interno y del entorno y posicionamiento en el sector. Por otro lado se ocupará de la planificación y el control de gestión (elaborando los presupuestos conjuntamente con el área anterior indicada) y realizará el seguimiento a la regulación del sector en todo momento (interactuando con diferentes organizaciones públicas y asociadas y tramitará autorizaciones). Es aquí en donde se evaluará el proyecto y el análisis de la inversión.



Los Servicio Jurídicos y Recursos Humanos elaborarán todos los documentos y gestionarán todos los trámites de carácter legal, función fundamental ya que se trata de compañías reguladas, el área de Recursos Humanos administrará el personal y las relaciones laborales.

Finalmente se encontrarán tres áreas que aportarán valor directamente al negocio de la compañía. Estas serán la de Expansión, Construcción y de Operaciones.

El área de Expansión analizara tendencias de mercado, definiendo así una política de expansión de la red y mantiene la relación con comercializadoras y otras empresas relacionadas. Aquí estará el subárea de Planificación de infraestructuras donde se realizarán los informes correspondientes a las instalaciones de transporte, auditorias técnicas y elaborarán propuestas de inclusión de gasoductos de transporte en Planificación Energética.

La de Construcción tendrá diversas funciones donde se elaboraran proyectos constructivos y se ocupara de la tramitación de permisos y autorizaciones necesarias, tendrán que construir el gasoducto, contactando servicios precisos, dirigiendo la obra, la ingeniería, etc. y por ultimo normalizaran las instalaciones técnicas de transporte con el objetivo de minimizar los costes.

La de Operaciones es el que se encargará del funcionamiento y mantenimiento de la red de gasoductos y demás infraestructuras, tendrán un centro de control para asistir emergencias y operarán en condiciones de máxima seguridad.

### **2.4. ANÁLISIS DE LA INVERSIÓN.**

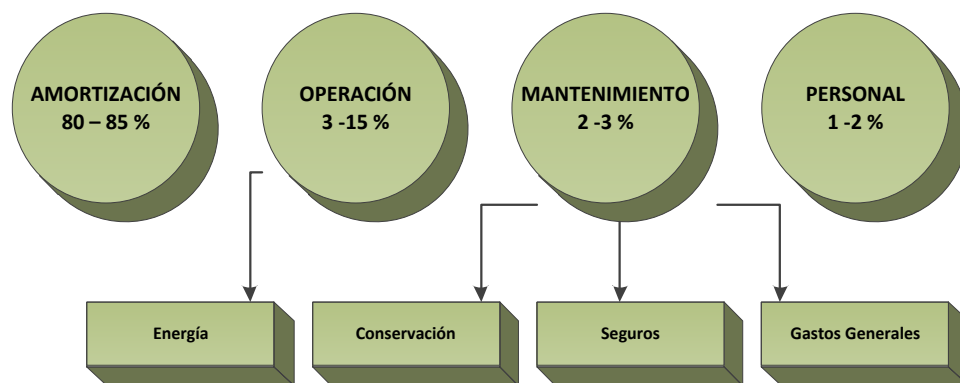
Anteriormente se ha mencionado a todos los departamentos que se involucrarán en la toma de decisión cuando se pretende expandir una Red de Gasoductos.

La Dirección de Expansión es la que propondrá la expansión de la red y realizará una propuesta técnica de la misma. Es entonces juntamente con el área de Desarrollo de Negocio, cuando se evalúa el proyecto, asegurando la estrategia general del grupo. Una vez validado el proyecto, Desarrollo de Negocio coordinará con los diferentes departamentos que intervienen en el, dirección de expansión, construcción, operaciones y económico financiera.



Las secciones de Infraestructura e Ingeniería de Dirección de Construcción elaborarán entonces el proyecto de inversión más detalladamente, con especificaciones y presupuestos aproximados. Finalmente se llevará este al comité de inversión, donde la Dirección de Expansión, Desarrollo de Negocio y Dirección Financiera lo analizarán e profundidad según diferentes criterios de rentabilidad, periodos de retorno, condiciones económicas, escenarios regulatorios y riesgos en que se podrán incurrir.

La Expansión de la red de transporte lleva consigo la inversión en distintos tipos de instalaciones, como son principalmente la propia canalización, Estaciones de Compresión y Estaciones de Regulación y Medida. Pese a que cada inversión de este tipo es diferente del resto en función de las características de la inversión (longitud, presión de diseño, terreno, expropiaciones, etc.) en líneas generales existe la siguiente estructura de costes: (Ver Figura 35).



**Figura 35. Estructura de Costes de ampliación de la Red de Transporte.**

La figura anterior hace referencia a los costes de inversión totales en la ampliación de una red de transporte. Sin embargo los distintos elementos tienen diferente estructura de costes según sus características:

➤ **Canalización:**

- ✓ Inversión inicial elevada e imposible de escalonar en el tiempo.
- ✓ Larga duración de vida útil.
- ✓ Costes de explotación moderados.

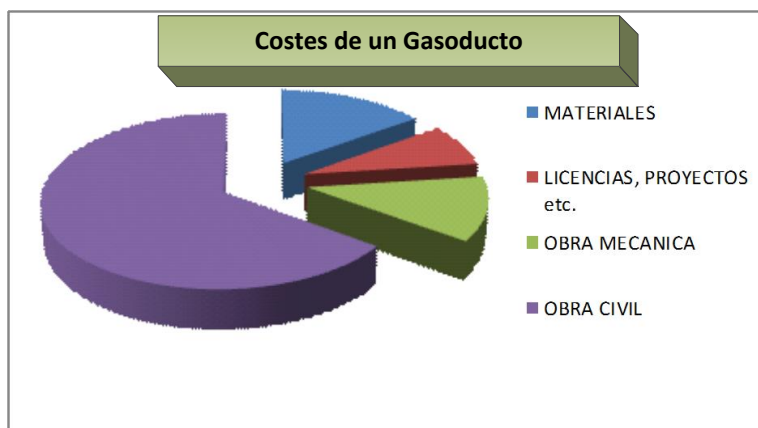


Figura 36. Estructura de Costes de un Gasoducto.

➤ **Estaciones de Compresión.**

- ✓ Inversión Escalonada (fácilmente ampliable).
- ✓ Duración de la vida útil limitada.
- ✓ Elevados costes de explotación debido a la energía consumida.

Además de la inversión inicial necesaria, se requerirá analizar los ingresos que ésta generará para poder determinar si a la compañía le compensa acometer la expansión de sus gasoductos. En España hay un Marco Regulador que clasifica la actividad de transporte de gas natural como una actividad sujeta a un régimen retribuido especial, es preciso analizar éste en profundidad para establecer los ingresos generados por la inversión.

El régimen retribuido actual, expuesto en la **Sección 1 – Retribución y Marco Regulatorio**, establece que la actividad de transporte de gas natural en España será retribuida mediante pago de peajes o tarifas comercializadoras. No obstante, se garantiza por medio de la Comisión Nacional de la Energía unos ingresos mínimos establecidos y en caso de no llegar a ellos el Estado se hará cargo de la parte retributiva que falta. Por esta razón, con conocer estos ingresos mínimos que establece el régimen retributivo se establecerá los ingresos finales de la empresa transportadora de gas, ya que con las tarifas y peajes no se llegan a cubrir esos ingresos mínimos, puesto que trasladaría mucho coste al consumidor final.

El Régimen Retributivo establece que las empresas transportistas cobrarán por dos vías: por costes de amortización (inversión) y por costes de operación y mantenimiento. Los primeros corresponden a la retribución de la amortización con una tasa de actualización y además una retribución financiera del bono español a 10 años más de su prima.



De esta manera el rendimiento de la inversión dependerá de los valores que tomen estos parámetros, así como la posibilidad de que aparezca un nuevo escenario regulatorio y de las condiciones de éste.

Por tanto una vez conocida la inversión inicial se realizará un modelo de descuentos de flujo de caja para los dos escenarios anteriormente mencionados donde cada uno de ellos dependerá de diferentes parámetros que pueden influir en el rendimiento de la inversión como por ejemplo:

- ✓ La existencia de un nuevo régimen retributivo, que condicionará dos parámetros:
  - La tasa de actualización de las inversiones, actualmente fijada en 2,5%.
  - La tasa financiera de retribución, o la prima mencionada en el apartado anterior, actualmente está fijada en el 3,75% por encima del bono español a 10 años.
- ✓ Fecha de reconocimiento contable de las inversiones, puesto que dependiendo de un año empiecen a retribuir la inversión realizada, ésta tendrá una menor tasa de retorno por el valor temporal del dinero y del coste medio del capital.
- ✓ Interés exigido al bono español a 10 años, dado que es el valor sobre el cual se retribuye una de las partes de los ingresos totales.

Se deberá tomar en cuenta como un valor de entrada el **Coste Medio de Capital (WACC o weighted average cost of capital)**.



## 3. MODELO DE TOMA DE DECISIÓN.

### 3.1. DATOS DE ENTRADA O DE PARTIDA.

Las variables de entrada serán el coste Medio de Capital de la Empresa en este año 2014 para financiarse, los costes de inversión inicial, el periodo de amortización y los costes de operación y mantenimiento de las instalaciones.

El Coste Medio de la deuda para las empresas energéticas en España el año 2012 se situó en un 3,7%<sup>i</sup>, mientras que el Coste Medio de Capital Social suele estar entre el 12 % y el 15% para los accionistas (aunque es el esperado, no se puede determinar).

$$WACC = \frac{E}{V} * R_e + \frac{D}{V} * R_d * (1 - T_c)$$

Donde:

E= Valor del capital de la Compañía.

D= Valor de la deuda de la Compañía.

V= Valor Total de la Compañía (E+D).

R<sub>e</sub>= Coste de Capital.

R<sub>d</sub>= Coste de la Deuda.

T<sub>c</sub>= Impuestos de Sociedades.

Se asumirá que la compañía está financiada en un 75% por capital y el otro 25% por deuda, con los costes anteriormente mencionados y con un impuesto de sociedades del 30% resultará un WACC aproximado del 8,3%.

Las inversiones iniciales se obtendrán de unos valores orientativos de **“Los costes regulados anuales del sector del gas natural en España” elaborado por la CNE (Comisión Nacional de la Energía) en el 2012**. De este documento y de la Orden IET/2812/2012 que establece los peajes y cánones asociados a la retribución de actividades reguladas se calcula el coste de un gasoducto de transporte primario de 32” de diámetro y de acero al carbono (para poder alcanzar las presiones de transporte) es de 793,6 €/m, incluyendo mano de obra, materiales, etc. El gasoducto Perú Centro considera 592 km, por lo que la inversión sería de 469 811 200 de Euros.



	2013 €/ (m * pulgada)
Obra lineal en gasoducto de transporte primario:	
Obra Lineal	24,80
Obra lineal en gasoducto de transporte secundario:	
Coefficiente corrector	
Gasoducto transporte secundario	0,62

**Figura 37. Precio Unitario de Obra Lineal en Gasoductos - Orden IET/2812/2012**

Este Gasoducto de transporte necesitará de tres (3) Estaciones de Regulación y Medida a través de las cuales conectar a la red de distribución. Se instalarán tres del tipo G-1000, que reducirá la presión de 80 a 16 bar según la disposición del Ministerio de Industria, Energía y Turismo en la Resolución BOE-A-2012-12531.

Tipo G	Año de puesta en marcha 2013 €/ Unidad
65	263.059
100	266.336
160	272.045
250	280.827
400	296.044
650	323.019
1.000	364.176
1.600	443.939
2.500	575.311
4.000	724.745
6.500	874.176

**Figura 38. Precio unitario de ERM's según orden IET/2812/2012**

Por último será necesaria la construcción de una (1) Estación de Compresión en cabecera para evitar las pérdidas de carga durante el recorrido.

Potencia Instalada menor o igual a 37.284 kW:
Término Fijo (€ / E.C.): 8.076.224.
Término Variable (€/kW): 1.130,57.
Potencia Instalada mayor de 37.284 kW:
Término Fijo (€ / E.C.): 28.305.667.
Término Variable (€/kW): 587,98.

**Figura 39. Precios unitarios de EC según orden IET/2812/2012**



Todos estos elementos anteriormente indicados irán definidos por un coste de operación y mantenimiento estipulado en la misma IET /2812/2012.

<b>Gasoductos transporte primario</b>	
€/m/pulg	0,4856
Nota: Incluyen los costes de operación de las posiciones asociadas	
<b>Coefficiente corrector</b>	
Gasoducto transporte secundario	0,52
<b>Estaciones de compresión en gasoductos de transporte primario</b>	
Término fijo (€/E.C.)	156.325
Término variable	62,70
<b>ERM en gasoductos de transporte primario</b>	
G	€/ Unidad
65	40.100
100	43.635
160	48.225
250	50.315
400	53.834
650	57.347
1.000	68.612
1.600	77.757
2.500	87.967
4.000	110.837
6.500	133.712
<b>Coefficientes correctores</b>	
Estación de Medida	0,75
Elemento Transporte secundario	0,76

**Figura 40. Valores unitarios de explotación de instalaciones de transporte para el 2013.**

La vida útil de las instalaciones es la indicada por el sistema regulatorio explicado en el apartado de Retribución y Marco Regulatorio:

- 40 años para Gasoductos.
- 30 años para ERMs.
- 20 años para EC.





VALOR RECONOCIDO DE LA INVERSIÓN(€)	
Gasoducto	469 811 200
ERMs	1 092 528
EC	14 697 410
<b>Total</b>	<b>485 601 138</b>
VIDA ÚTIL DE LAS INSTALACIONES (años)	
Gasoducto	40
ERMs	30
EC	20
COSTES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (Año/€)	
Gasoducto	9 199 206
ERMs	205 836
EC	815 100
<b>Total</b>	<b>10 220 142</b>
<b>WACC</b>	<b>8,3%</b>

**Figura 41. Datos de Entrada para el Cash Flow.**

Se considerará dos escenarios: Optimista y pesimista:

El primer escenario estará representado por un escenario retributivo, o el mantenimiento del actual. En el informe sobre el sector energético español de la CNE en el año 2015 se planteará un nuevo escenario retributivo en que la tasa de actualización pasa a ser del 0% y la tasa de retribución financiera del 2%, desde el 2,5% y 3,75% anteriores.

Otra variable a tener en cuenta es el reconocimiento contable de la inversión. Se sabe que el Marco Regulador estipula una Retribución en función de su base de activos, por lo que es importante el año que ésta es medida. *Si la inversión se realizará en año 2015 pero será reconocida contablemente hasta el 2017, hay dos años en los que se efectúa amortización sin tener ninguna retribución, por lo que al final la retribución es menor.*

Por último el interés pagado al bono español afecta de manera directa a la retribución financiera de la actividad de transporte de gas natural, por lo que será variable a tener en cuenta en los diferentes escenarios.



**Escenario: PESIMISTA**

Tasa Actualización:	0,0%
Tasa Financiera:	2,0%
Reconocimiento Contable:	2017
Bono Español:	6%
WACC:	8,3%

**Escenarios Retributivos:**

	<b>Actual</b>	<b>2017</b>
Tasa Actualización:	2,5%	0,0%
Tasa Financiera:	3,75%	2,0%
Nuevo:	NO	SI

**ESCENARIOS:**

	<b>PESIMISTA</b>	<b>OPTIMISTA</b>
Nuevo Escenario Retributivo:	SI	NO
Tasa Actualización:	0,0%	2,5%
Tasa Financiera:	2,0%	3,75%
Reconocimiento Contable:	2017	2015
Bono Español:	6,0%	4,0%

**Figura 42. Escenarios del modelo Económico.**



Para evaluar el proyecto si es o no factible económicamente se realizará el descuento de flujos de caja de la compañía transportadora respecto a la inversión concreta.

Dado el régimen retributivo de la actividad de transporte se apreciará que se reciben ingresos por dos conceptos:

- ✓ Retribución por inversiones realizadas.
- ✓ Retribución por costes de mantenimiento y operación.

Los COM se retribuyen directamente de su importe, mientras que la retribución por la inversión se divide en; retribución por amortización de las instalaciones y la retribución financiera, por el coste de capital. En el modelo de flujos de caja se ingresaran estos ingresos.

	2015	2016	2017	2018	2019
<b>Costes de Operación y Mantenimiento</b>		10 424 545	10 633 036	10 845 697	11 062 611
				11 745.280	11 745 280
				36 418	36 418
				734 871	734 871
<b>Retribución de Amortización</b>		0	0	12.516.568	12.516.568
				458 065 920	446 320 640
				1 056 110	1 019 693
				13 962 540	13 227 669
<b>Retribución Financiera</b>		0	0	37 846 766	36 845 440
<b>Retribución de Costes Variables</b>		0	0	10 845 697	11 062 611
<b>Cash Flow</b>	<b>-485 601 138</b>	<b>-10 424 545</b>	<b>-10 633 036</b>	<b>50 363 334</b>	<b>49 362 008</b>
<b>VAN</b>	<b>-108 273 439</b>				
<b>TIR</b>	<b>6%</b>				

**Tabla 35. Resultados del Flujo de Caja a 40 años.**

La primera fila del modelo “Costes de Operación y Mantenimiento”, pese que la inversión se hará el 2015, empieza a ponerse en marcha el 1 de Enero del 2016, por lo que recién es este año comenzarán a contabilizarse los COM, estos costes se incrementaran por un IPC constante del 2% anual.



En la fila “Retribución de Costes Variables” tendrá coincidencia con COM excepto las dos primeras columnas porque el reconocimiento contable para esta inversión será el 2017, en estos dos primeros años no se podrán cobrar estos costes. Sin embargo, a partir de sí que se cobran y coinciden, por el modo en que está diseñado el régimen retributivo.

La “Retribución de la Amortización” en los dos primeros años es nula. Esta fila contendrá la formula correspondiente en la que se evaluarán dos condiciones:

- ✓ La vida útil de cada instalación, para saber si se sigue amortizando o ya tiene un valor nulo.
- ✓ Si el año es superior al reconocimiento contable, de lo contrario la retribución será cero.

En caso de que la instalación se halle en su vida útil y se haya conocido contablemente, la retribución por amortización tomará el valor según la siguiente fórmula:

$$A_{in} = \left( \frac{VI_i}{VU_i} \right) \cdot (1 + TA)^{m-1}$$

i: instalación de inmovilizado.

n: año.

VI<sub>i</sub>: valor reconocido de la inversión.

VU<sub>i</sub>: vida útil regulatoria.

TA: tasa de actualización con valor constante.

m: número de años transcurridos a partir del año de puesta en marcha.

La fila “Retribución Financiera” estará dada desde que la instalación sea reconocida como contable, es caso contrario no habrá retribución por ese concepto. La retribución financiera de cada instalación dependerá de su valor neto actualizado a ese año, se calculará mediante la siguiente formula. Este valor estará multiplicado por la tasa de retribución financiera será el importe a retribuir.



$$VNI_{in} = \left[ VI_i - (m - 1) \cdot \left( \frac{VI_i}{VU_i} \right) \right] \cdot (1 + TA)^{m-1}$$

$$RF_{im} = VNI_{im} \cdot TR_i$$

Y finalmente la fila del Cash Flow o flujo de caja es el resultado de la suma de todos los ingresos y gastos (no costes) en los que incurrirá la compañía por causa de esta inversión cada año. Esto quiere decir sumar las retribuciones y restar con COM, el primer año tendrá un valor negativo equivalente al coste de la inversión inicial.

Para indicar la rentabilidad del proyecto en las dos últimas filas estará el Valor Netos Actual (*Net Preset Value*) y la Tasa Interna de Retorno (*Internal Rate of Return*), ambas se calculan automáticamente en la hoja de cálculo.

El VAN o EL VPN nos permitirá calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por la inversión. Consistirá en descontar al presente, actualizando mediante la tasa, todos los flujos de la caja futuros del proyecto. Si a este valor se le resta la inversión inicial se obtiene el valor actual de la inversión. Normalmente la tasa a la que se efectuará el descuento es el coste de capital (WACC) comentado anteriormente. Si el valor resultante es negativo querrá decir que el capital necesario para invertir en el proyecto le cuesta más a la compañía de lo que va obtener invirtiendo en él, se calculará mediante la siguiente formula.

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1 + WACC)^t} - I_o$$

La TIR es la tasa que se descontará los flujos de caja generados por la inversión para que el VAN de la misma sea cero, es decir será el valor geométrico de los rendimientos futuros esperados de dicha inversión. La TIR se usará normalmente como indicador de rentabilidad de un proyecto, a mayor TIR mayor rentabilidad. Así como el VAN también se usa como uno de los criterios para decidir sobre la aceptación o rechazo de un proyecto de inversión. Para ello, la TIR se comparará con una tasa mínima o de corte, normalmente el coste de oportunidad de la inversión o el coste del capital (WACC) necesario para llevarse a cabo. Si la TIR es superior al WACC se debería invertir en el proyecto, mientras que si es menor no se invertirá en el proyecto.



## 3.2. RESULTADOS.

A continuación se hará un análisis de sensibilidad con el escenario actual (Optimista), cuyos datos de entrada serán los siguientes:

Tasa Actualización:	2,5%
Tasa Financiera:	3,75%
Reconocimiento Contable:	2015
Bono Español:	4%
WACC:	8,3%

**Tabla 36. Escenario para el Análisis de Sensibilidad.**

*Los resultados con la variación de la tasa de actualización serán:*

TASA DE ACTUALIZACIÓN	VAN	TIR
0,0%	-8 075 881 €	8,1%
0,5%	- 957 274 €	8,2%
1,0%	6 828 004 €	8,4%
1,5%	15 357 897 €	8,6%
2,0%	24 720 535 €	8,8%
2,5%	35 015 634 €	9,0%
3,0%	46 356 099 €	9,2%
3,5%	58 869 845 €	9,4%
4,0%	72 701 879 €	9,7%
4,5%	88 016 677 €	9,9%

**Tabla 37. Análisis de Sensibilidad a la tasa de actualización.**

El análisis de sensibilidad efectuado sobre la influencia de la tasa de actualización en el valor neto presente de la inversión y en la tasa interna de retorno muestra que, como se esperaba, ésta influye notablemente en ambas.

En el caso de la TIR se reflejan los resultados esperados, dado que la tasa de actualización multiplica a la retribución tanto financiera como amortización, que son las dos únicas que afectan al flujo de caja cada año, dado que los costes de operación y de mantenimiento se ven retribuidos directamente por su valor.



En el caso del VAN aumenta de manera exponencial a medida que crece la TIR, algo completamente lógico teniendo en cuenta la relación de ésta y la TIR.

**Los resultados con la variación de la tasa financiera serán.**

TASA FINANCIERA	VAN	TIR
1,0%	-82 853 266 €	6,5%
1,5%	-61 422 557 €	7,0%
2,0%	-39 991 848 €	7,4%
2,5%	-18 561 138 €	7,8%
3,0%	2 869 571 €	8,3%
3,5%	24 300 280 €	8,8%
3,75%	35 015 634 €	9,0%
4,0%	45 730 989 €	9,2%
4,5%	67 161 698 €	9,7%
5,0%	88 592 407 €	10,2%

**Tabla 38. Análisis de Sensibilidad a la tasa Financiera.**

En este caso de la tasa financiera hay una buena valoración de la TIR, sin embargo se observa que el incremento de un punto porcentual en la tasa financiera produce menos subida en la TIR que la que produce en el mismo incremento en la tasa de actualización. Esto se debe a que la tasa financiera sólo afecta a la retribución por el valor actualizado de la inversión, mientras que la tasa de actualización también la retribución por la amortización del inmovilizado. Por esta relación lineal entre la tasa financiera y la TIR, el VAN de la inversión se ve influenciado de un modo exponencial.

**Los resultados con la variación al Bono español a 10 años serán:**

BONO ESPAÑOL	VAN	TIR
2,0%	-50 707 202 €	7,2%
3,0%	-7 845 784 €	8,1%
3,5%	13 584 925 €	8,5%
4,0%	35 015 634 €	9,0%
4,5%	56 446 343 €	9,5%
5,0%	77 877 052 €	9,9%
5,50%	99 307 761 €	10,4%
6,0%	120 738 471 €	10,9%
7,0%	163 599 889 €	11,8%
8,0%	206 461 307 €	12,8%

**Tabla 39. Análisis de Sensibilidad al Bono Español a 10 años.**



El análisis de sensibilidad al interés del bono español es muy similar al hecho a la tasa financiera. Eso se debe a que la tasa financiera es la cantidad que se suma al interés del bono español para determinar la tasa total de la retribución financiera sobre el valor actualizado del inmovilizado.

### 3.3. CONCLUSIONES.

Con el análisis de estos dos escenarios, los resultados obtenidos para el VAN y la TIR son los siguientes:

	<b>Pesimista</b> (Nuevo Escenario Retributivo)	<b>Optimista</b> (Actual Escenario Retributivo)
<b>VAN</b>	-108 273 439	35 015 634
<b>TIR</b>	6%	9,0%

**Tabla 40. Escenarios de Estudio (Optimista y Pesimista).**

Este análisis del proceso de negocio y algunas de las variables más importantes a la hora de invertir en el proyecto de transportar Gas natural por gasoducto es un sector cuyo principal riesgo es el legal o regulatorio.

Por ser una actividad regulada, dada su condición de monopolio natural, las empresas transportistas de gas reciben por parte del gobierno una serie de incentivos a construir y mantener actualizadas sus infraestructuras. De esta manera se persigue el objetivo de que el suministro de gas natural bajo la regulación española sea lo más fiable posible y la mayor parte de la población tenga acceso a él.

Esta regulación establecerá un régimen retributivo generosos en el que se asegura la devolución del importe de todas las inversiones realizadas con una añadida tasa financiera, calculada como el interés del bono español a 10 años (supuestamente un activo libre de riesgo) mas un cierto spread (diferencia entre el precio de compra y de la venta de un activo financiero). Por lo tanto teniendo en cuenta que es un negocio en el que no hay prácticamente ningún riesgo, el retorno sobre el capital se muestra muy interesante siendo superior al 8% en muchos casos.

Se deberá tener en cuenta que esta actividad tiene un inconveniente importante que es la dependencia de las directrices normativas y las fuertes inversiones necesarias. Esta dependencia de las directrices normativas para las compañías dedicadas a la gestión de redes de transporte de gas natural resulta en que incurren en un riesgo totalmente legal.





Este riesgo se definirá como “riesgo derivado de un posible cambio en la regulación que altere la operativa del negocio, o ponga en peligro la viabilidad del negocio bajo la operativa actual”. Este riesgo se traducirá en la posibilidad de que, debido a una variación imprevista del marco regulatorio, los flujos de caja que se habría provisto generar y con los que se evaluó la inversión se vean alterados. De esta manera, considerar la probabilidad de que cambie el marco regulatorio es importante para poder proyectar futuros escenarios y con ellos la elaboración de los planes estratégicos.

Finalmente los análisis de sensibilidad a las variables que intervienen en la retribución y se pueden apreciar como una consideración de un régimen retributivo diferente (variando las tasas de actualización y financiera) resultan en una disminución de los retornos sobre el capital proyectando aun así un interés del bono español (variable macroeconómica) que favorecería el aumento del mismo.



## BIBLIOGRAFÍA

Para el presente trabajo de redacción se ha utilizado los siguientes recursos bibliográficos:

- [1] Sistemas de Tubería para Transporte y Distribución de Gas – Código ASME B 31.8 Edición 1999 para Tubería a Presión, Estándar Nacional Estadounidense.
- [2] Manual de Transporte Sedigas 2005.
- [3] Catálogo de Aceros Grupo ALMESA 2013.
- [4] Estadística Energética en Castilla y León Nro. 93 Cuarto Trimestre 2008 y resumen anual.
- [5] Población de Castilla y la Mancha 2009 - Instituto Nacional de Estadística.
- [6] Población del Perú 2012 – Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú.
- [7] Boletín estadístico de la Industria del Gas Natural Febrero 2013 Osinermin.
- [8] Informe Anual 2012 Sedigas.
- [9] Subsector Electricidad Documento Promotor 2012 – Ministerio de Energía y Minas del Perú.
- [10] Regulación del gas Natural en el Perú 2008 Osinermin.
- [11] BP Statistical Review of World Energy June 2013.
- [12] Catálogo de Compresores para Gasoductos Solar Turbines
- [13] Categorías de Emplazamiento y Cálculo de Espesores ENAGAS.
- [14] Transporte y Almacenamiento y Distribución de Combustibles – Apuntes Enrique Querol 2012 UPM.
- [15] Valoración (2009): Sheridan Titman – John D. Martin.
- [16] “Los Costes Regulados Anuales del Sector del Gas Natural en España” - CNE (Comisión Nacional de la Energía) 2012.
- [17] Orden IET/2812/2012 - Peajes y Cánones asociados a la retribución de actividades reguladas.



Simultáneamente se han consultado permanentemente las siguientes páginas web como fuente de información de estadísticas y valores establecidos para el transporte de gas:

[www.enagas.es](http://www.enagas.es)

[www.gasnatural.com](http://www.gasnatural.com)

[www.naturalgas.org](http://www.naturalgas.org)

[www.bp.com](http://www.bp.com)

[www.cne.es](http://www.cne.es)

[www.boe.es](http://www.boe.es)

[www.mityc.es](http://www.mityc.es)

[www.endesagas.com](http://www.endesagas.com)

[www.sedigas.es](http://www.sedigas.es)

[www.cedigaz.org](http://www.cedigaz.org)

[www.inei.gob.pe](http://www.inei.gob.pe)

FIN.

